

ПОЛЬ ФРЕСС,
ЖАН ПИАЖЕ

152

р-87

ишан
и

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ



Sous la direction de PAUL FRAISSE
et JEAN PIAGET
professeurs à la Sorbonne

TRAITÉ DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

III

PSYCHOPHYSIOLOGIE DU COMPORTEMENT

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
1966

ИЗ КНИГ
В. Д. Небылицына

ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Редакторы-составители
ПОЛЬ ФРЕСС и ЖАН ПИАЖЕ

ВЫПУСК III

ПЕРЕВОД С ФРАНЦУЗСКОГО

Общая редакция действительного члена
Академии педагогических наук СССР
А. Н. ЛЕОНТЬЕВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРОГРЕСС“
Москва 1970

152

П-32

Редакция литературы по вопросам философии и права

$\frac{1-5-7}{9-70}$

854
БИБЛИОТЕКА
ИН-ТА ПСИХОЛОГИИ
АН СССР

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Предлагаемая вниманию советского читателя книга «Экспериментальная психология» представляет собой III выпуск 9-томного труда, составленного известными французскими учеными Полем Фрессом и Жаном Пиаже. Это фундаментальная сводка современных данных по экспериментальной психологии. Первые два выпуска, объединенные в один том, вышли в свет на русском языке в 1966 г.

Настоящий выпуск посвящен проблемам психофизиологии поведения. В него вошли статьи, написанные Жаком Пайяром («Применение физиологических показателей в психологии»), Винсентом Блоком («Уровни бодрствования и внимание») и Анри Пьероном («Потребности»). Авторы широко использовали достижения современной науки и дали глубокое теоретическое освещение рассматриваемых вопросов.

Труд рассчитан на специалистов в области психологии и психофизиологии, а также на широкий круг научных работников, интересующихся вопросами психологии.

III. ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПОВЕДЕНИЯ

*Перевод VIII главы В. В. Лучкова,
IX главы Э. М. Пчелкиной,
X главы Ю. К. Стрелкова*

*Спецредактор IX главы
кандидат педагогических наук
Е. Д. Хомская*

Глава VIII

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПСИХОЛОГИИ

Жак Пайяр

СОДЕРЖАНИЕ

I. Введение	9
II. Получение показателей	13
§ 1. Природа и источник сигналов, 13; § 2. Перехват сигналов: зонды, 15; § 3. Передача сигналов: преобразователи, 16; § 4. Передача сигналов: усилители, 18; § 5. Визуальный контроль и хранение сигналов: регистрирующие устройства, 22; § 6. Информационная ценность полученного сигнала, 26; § 7. Выводы, 37	
III. Обработка данных	37
§ 1. Описание явлений, 38; § 2. Средства обработки, 49; § 3. Выводы, 54	
IV. Использование физиологических переменных в психологическом эксперименте	55
§ 1. Привлечение физиологических показателей, 55; § 2. Выбор переменных величин, 57; § 3. Итоги и перспективы, 84	
Библиография	93

I. ВВЕДЕНИЕ

Обращение к физиологическим показателям — одна из давних традиций экспериментальной психологии.

Возникновение ее ознаменовалось первыми попытками становления научной психологии, видевшей свою цель в исследовании органических явлений, сопровождающих умственную деятельность, как объективных факторов, поддающихся научному анализу.

Стоя вначале на позиции *психофизиологического параллелизма*, объективная психология считала своей задачей исследование и описание органических проявлений, сопровождающих

субъективные акты сознания и проявления умственных способностей.

Затем, по мере превращения психологии в науку о поведении, физиологические показатели становятся, вполне естественно, элементами *описания* изучаемого объекта, что позволяет экспериментаторам включить в сферу своих исследований скрытые проявления, сопровождающие overt behavior¹ и лежащие в его основе.

Помимо более полного объективного описания явлений, в основе обращения к физиологическим показателям лежит смелое устремление, которое продолжает направлять усилия современных психологов *объяснить* психологические явления на органической основе.

Поэтому в настоящее время нет необходимости объяснять, почему авторы данной книги отводят столько места лабораторной технике и проблеме использования физиологических показателей в экспериментальной психологии. Однако сам этот факт кажется, как ни странно, нововведением.

Действительно, уже в первом издании своих «Очерков» в 1931 г. Вудворт отказался от главы, которую он хотел посвятить технике экспериментирования. Эта традиция сохранялась вплоть до самых последних изданий его труда. Впрочем, объяснение этому можно найти уже в предисловии к первому изданию: объем главы (более 83 страниц), редакцию которой он доверил одному из учеников Доджа — Дж.-И. Вендту, сделал невозможным напечатание ее в рамках данной книги. Полный текст главы опубликован в «Archives de Psychologie» за 1938 г. в виде отдельной монографии.

Учитывая двадцать пять истекших лет и необычайное развитие техники, которым отмечена наша эпоха, можно считать спорной попытку посвятить проблеме аппаратуры всего лишь короткую главу этой книги и, следовательно, осветить ее весьма поверхностно, что, конечно, несовместимо с объемом и важностью затрагиваемого предмета. В самом деле, в настоящее время психолог располагает значительным арсеналом средств регистрации, разумное использование которых очень часто служит наилучшим показателем технической подготовленности специалиста, поэтому наши задачи в данном случае будут весьма ограниченными.

Вендт озаглавил свою монографию «Методы регистрации действия» («Methods of recording action»), предлагая распространить термин «регистрация» на все «методы, позволяющие получать относительно постоянные и поддающиеся количественной оценке данные», и ограничить понятие «действие» «явлениями,

¹ Внешнее, открытое поведение (англ.).

которые можно описать в терминах вполне определенных физических свойств».

В нашей работе мы собираемся ограничиться *физиологическими показателями* деятельности, или, другими словами, показателями работы колесиков живой машины, сознательно отказываясь, несмотря на обилие технических средств, необходимых для их регистрации, от рассмотрения обширной области показателей работы самой машины, поддающихся непосредственному описанию в терминах поведения. Мы, разумеется, отказываемся также от изучения структурных и морфологических показателей, которые в силу явно неправомерных ограничений, налагаемых традицией, принято считать биометрическими показателями.

Не прибегая к традиционному делению реакций на overt¹ и covert², мы считаем столь же полезным различать среди физиологических показателей такие, которые типичны для традиционных физиологических экспериментов, требующих, как правило, оперативной или фармакологической нейтрализации или изоляции отдельных органов, а также такие, которые характеризуют организм, остающийся в эксперименте интактным. К этим последним и будет приковано наше внимание. Как корреляты поведения организма, они в наибольшей степени способны обогатить психолога информацией, необходимой для описания изучаемых им явлений, а как индикаторы психофизиологических корреляций — открывают путь к пониманию лежащих в их основе механизмов.

Психолог обычно довольствуется применением таких средств наблюдения и регистрации, которые минимально травмируют объект исследований и легки в управлении, предоставляя психофизиологу взять на себя ответственность за глубокое вмешательство в объект с целью проследить, а возможно, и изменить в ходе эксперимента функционирование внутренних органов.

Таким образом, в этой книге мы рассмотрим только те цели, которые ставит перед собой психолог. Иначе говоря, мы сознательно оставляем в стороне обширную область собственно психофизиологических, нейрофизиологических, нейрохирургических вмешательств и тем более, говоря о психологии человека, откажемся от экспериментов, предполагающих медицинский контроль.

Нам представляется, что пределы вмешательства психолога ограничены естественными контурами тела и теми показателями, получение которых извне возможно благодаря методике, сохраняющей в соответствии с психологической традицией

¹ Явные, открытые (англ.).

² Неявные, скрытые (англ.).

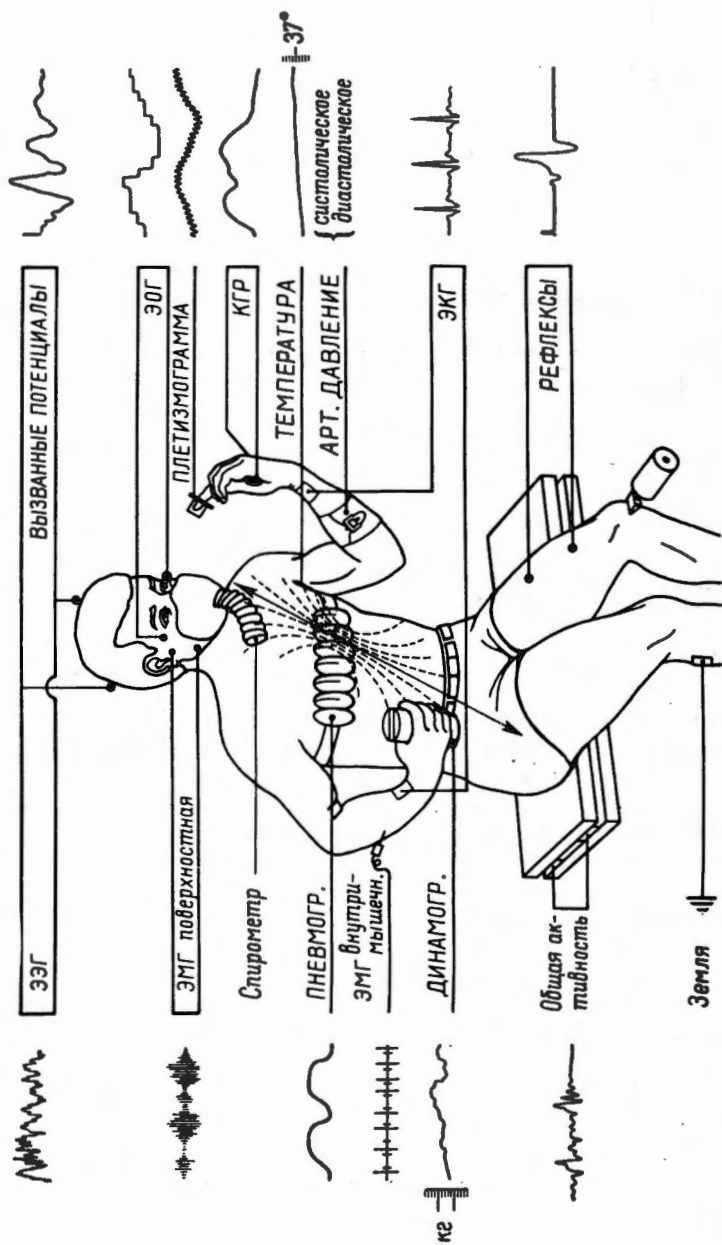


Рис. 1. Многоканальная регистрация наиболее часто изучаемых видов биоэлектрической активности человека. Обратите внимание на ориентировочное направление изометрической линии сердечного поля.

неприкосновенность того замкнутого пространства, которое имеет индивидуум.

Очерченный таким образом предмет исследования составляет тем не менее обширную и развивающуюся столь быстрыми темпами область исследований, что любая попытка описания ее кажется а priori условной и временной. Мы собираемся рассмотреть сначала методику получения и обработки физиологических показателей, а затем проблему применения их в психологии.

II. ПОЛУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Объективизация всякой физиологической деятельности требует выражения ее в терминах вполне определенных физических свойств, известных экспериментатору и поддающихся измерению (рис. 1).

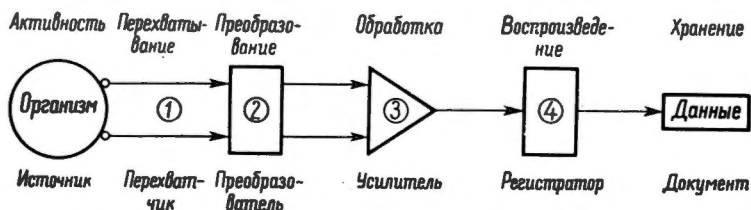


Рис. 2. Схема регистрации физиологических данных

1. Операция выявления активности с помощью соответствующих зондов.
2. Операция преобразования зарегистрированной активности в электрические сигналы с помощью преобразователей.
3. Операция усиления аналоговых электрических сигналов, полученных с помощью преобразователя.
4. Преобразование электрических сигналов в механические (зеркальные гальванометры или перьевые записывающие устройства), электронные (отклонение точки на катодном осциллографе) или электромагнитные (хранение на магнитной ленте) явления, которые либо хранятся в памяти, либо оформляются в виде аналогового документа.

Прежде всего мы должны задаться вопросом относительно источников сигналов, используемых в качестве физиологических индикаторов. Далее мы рассмотрим способы выявления этих источников, а также способы регистрации и хранения данных. Затем мы изучим информационную сторону этих сигналов и их возможные искажения (рис. 2).

§ 1. Природа и источник сигналов

Функция сигнала и понятие его источника предполагают существование дополнительной функции приема и наличие аппарата выявления.

Такое выявление ограничено возможностями сенсорных анализаторов экспериментатора. Круг сигналов, которые могут быть выделены, значительно расширяется благодаря применению преобразующих устройств, усилителей и анализаторов, с помощью которых можно выявить ускользающие от непосредственного наблюдения проявления активности. Однако эта аппаратура имеет свои ограничения, которые необходимо знать и уметь учитывать.

Круг сигналов, доступных современным способам выделения, не позволяет нам, разумеется, представить во всем объеме то огромное количество сигналов, которые мы сможем выделять завтра в результате технического прогресса. Так, например, наиболее легко поддающимися обработке показателями органической деятельности являются световые, электрические, механические, тепловые и химические сигналы. Но каким бы обширным ни был круг этих сигналов, мы не должны забывать о бесконечном диапазоне электромагнитных волн, а также о других, пока еще не известных нам источниках, на открытие которых позволяет надеяться поразительный прогресс физики элементарных частиц.

По характеру источника мы различаем три большие категории сигналов.

1. Сигналы *эндогенного* происхождения, то есть возникающие в самом организме. В этом случае перед нами встает проблема локализации источников и способа регистрации сигналов. Речь идет о биоэлектрических явлениях, изучение которых ознаменовалось в последние двадцать лет поразительными успехами, а также обо всем разнообразии параметров различных форм механической энергии — давления, ускорения, силы, перемещения, звуковой вибрации и т. д. — и тепловой энергии. Химические показатели органической деятельности тоже составляют существенный источник эндогенных сигналов.

2. Источник может быть *экзогенным*, и передача сигналов в этом случае становится непрямой. Такая сигнализация использует, например, способность соприкасающихся тканей к отражению или пропусканию, то есть свойства, которые могут изменяться в результате внутренних преобразований, свидетельствующих о деятельности тканей.

Самым банальным примером является отражение световых волн, которые в основном и передают нам зрительную информацию о форме и механических изменениях наблюдаемого объекта.

Оказалось возможным использовать величину сопротивления, которое оказывает ткань проходящим через нее световым волнам, степень ее прозрачности для изучения системы сосудов на поверхности органов; излишне говорить о значении рентгеновских лучей для изучения внутренних органов.

Сопротивление ткани проходящему через нее электрическому току было использовано в различных областях изучения физиологических показателей — широко применяется измерение сопротивления, емкости и индуктивности. В этой связи достаточно вспомнить, как воспользовался этим свойством Фере при изучении так называемых психогальванических реакций, выражающихся в изменении сопротивления кожи при пропускании через нее экзосоматического тока. Широко используется также эффект создания емкости двумя проводящими поверхностями.

Отражение или передача механических колебаний как в звуковом диапазоне, так и за пределами его используется самыми различными способами. Примером тому может служить применение эхо-методики в энцефалографии.

3. Источник сигнализации можно искусственным путем ввести в организм, с тем чтобы затем, например, проследить его перемещение в организме. Очень широко применяется закрепление на подвижных частях тела отражающей поверхности или источника света. Эта методика является важным источником информации о их перемещении. В наше время вполне возможно введение в тело или полости тела человека источников электромагнитных, магнитных или звуковых сигналов. Достаточно в этой связи напомнить о способах радиоактивных меток, применение которых открывает широкие возможности для исследования еще очень мало изученных проблем и позволяет осуществить анализ на молекулярном уровне.

§ 2. Перехват сигналов: зонды

В данном случае проблема возникает лишь тогда, когда сенсорные анализаторы экспериментатора не могут непосредственно обнаружить и использовать информацию. Проблема хранения информации ставит к тому же вопрос о преобразовании сигналов и, следовательно, о применении операций анализа и регистрации, к рассмотрению которых мы в дальнейшем вернемся.

Здесь необходимо рассмотреть два случая:

а) Посланный сигнал без искажений передается по воздуху и, следовательно, может быть принят на расстоянии и вне границ тела; это касается электромагнитных волн и механических колебаний, по крайней мере в определенных пределах, так как механические колебания убывают тем быстрее, чем короче длина волны. Это наиболее благоприятный случай.

б) Посланному сигналу требуется поддержка для передачи его на расстояние, а для его обнаружения необходим зонд-перехватчик.

Понятие зонда очень широко и охватывает как механические устройства для обнаружения перемещений (точки приложения

рычага коробки передач, например), так и зонды, проводящие жидкости (внутриартериальная канюля для измерения давления), или электроды для отведения биотоков.

Такое понятие зондов должно, очевидно, отвечать поставленным целям: строгому топографическому выбору источника или глобальной интеграции всех его проявлений. Так, электроды, расположенные на поверхности работающей мышцы, отметят тем больше электрических явлений, чем больше занимаемая ими поверхность и расстояние между ними. И наоборот, два тонких проводника, помещенных в иглу для подкожного введения, отметят работу лишь одной двигательной единицы. Точно так же обстоит дело в электроэнцефалографии, где проблема расстояния между электродами приобретает особое значение. Обнаружение электрического источника обязательно требует наличия двух зондов. Мы будем говорить о *биполярном отведении* в том случае, когда два электрода расположены в зоне влияния источника, и о *монополярном отведении*, когда потенциал активного электрода будет оцениваться по отношению к эталонному электроду, не подверженному воздействию со стороны источника.

В равной мере важна и проблема площади контакта в случае механических зондов, которые могут быть точечными (пьезоэлектрическая игла) или же, напротив, регистрировать явления, возникающие как результат деятельности нескольких механизмов (надутая манжета для измерения давления). Эти же замечания относятся к термоэлектрическим и химическим зондам.

Отметим, наконец, успехи, достигнутые в области изготовления оптических зондов. В настоящее время мы располагаем гибким стекловолокном, позволяющим очень точно вносить источник света в строго фиксированные места и соответственно получать сигналы от него. Эндоскопия органических полостей находит широкое применение в медицине.

Использование подобных зондов сопровождается определенными трудностями, которые могут оказаться весьма существенными для психолога-экспериментатора. Эти трудности могут лежать в основе серьезных искажений сигналов, к которым мы еще вернемся.

§ 3. Передача сигналов: преобразователи

Физиологические показатели принадлежат главным образом к той категории сигналов, которые невозможно наблюдать непосредственно после того, как они обнаружены. Использование их большей частью требует осуществления операций усиления, которые можно разделить на три типа: механическое усиление, оптическое и электронное. Успехи последнего особенно способствуют все большему распространению принципа преобразова-

ния и передачи сигналов различного характера в виде электрических сигналов.

Термин «преобразователь», принятый специалистами, означает устройство, предназначенное для улавливания изменений того или иного параметра с использованием небольших количеств энергии исходного сигнала, с тем чтобы выразить их

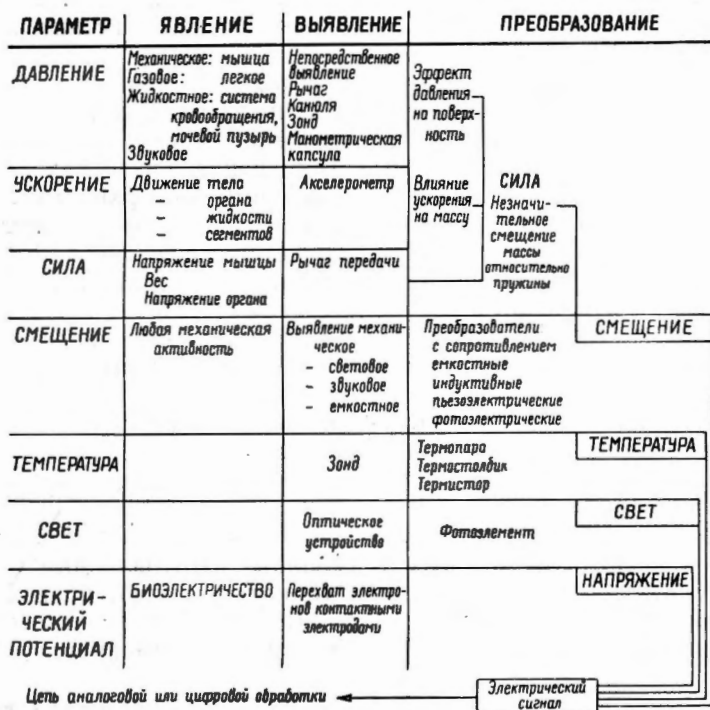


Рис. 3. Различные способы преобразования физических параметров, характеризующих изучаемые явления, в электрические сигналы. Большинство задач сводится обычно к измерению смещения, температуры, светового потока или электрических потенциалов.

в дальнейшем в виде изменений электрической энергии, достаточно значительных для того, чтобы их можно было ввести в цепь усиления регистрирующего прибора или прибора визуального контроля.

Современная техника создала множество преобразующих устройств, позволяющих без особого труда получать большинство интересующих нас физиологических данных.

В общем, как следует из приведенной таблицы (рис. 3), можно считать, что как регистрация давления на единицу

поверхности, так и регистрация ускорения движущегося тела сводятся к обнаружению какой-то силы. Силы могут действовать на различные типы тел, отличающиеся друг от друга по степени сжимаемости (упругие тела, кристаллы, жидкости и пр.), и действие их выразится в виде смещения одного конца устройства относительно другого, таким образом, большинство измерений давления, ускорения и силы приводит нас к необходимости применить преобразующие устройства, чувствительные к относительным перемещениям составляющих их частей.

В зависимости от применяемых методов различаются устройства резистивные (потенциометры или датчики напряжения), индуктивные (использующие перемещение магнитной массы в электрическом поле), емкостные (изменение диэлектрического пространства между двумя проводящими поверхностями) и термоионические (подвижный катод в генераторной лампе). Во всех этих случаях прибор подключается к источнику электрической энергии, и изменения тока на выходе дают сигналы, аналогичные изменениям изучаемого параметра.

Другие устройства основаны на принципе непосредственного производства электрической энергии. Таковы некоторые полупроводники или пьезоэлектрические кристаллы (кварцы наших электропроигрывателей, механический зонд-иголка которых исследует глубину борозды на пластинке и трансформирует свои перемещения в электрические сигналы, превращаемые затем в звуковые).

Явление того же порядка используется в преобразователях тепловой энергии, в которых термпары, изготовленные путем спайки двух различных металлов (никель — хром), производят электрический ток. То же происходит при передаче светового излучения, где в настоящее время широко применяется фотоэлектрический эффект.

Упомянем наконец большую область биоэлектрических явлений, где сигналы используются непосредственно в своей первоначальной форме, в виде электричества.

Таким образом, в общем, можно считать, что конечное электрическое выражение сигнала представляет собой один из самых обычных способов введения информации в цепь усиления (более подробно об этом см.: К.-С. Лион, 1964).

§ 4. Передача сигналов: усилители

Не забывая о важности проблем, возникающих при механическом (плечо рычага) или оптическом (линза) ослаблении или усилении исходных сигналов, позволяющих осуществить непосредственную регистрацию их на закопченном цилиндре или фотографическим путем на светочувствительной эмульсии,

мы все же сосредоточим наше внимание в основном на проблеме электронного усиления, хотя здесь мы сможем рассмотреть лишь самые общие аспекты проблемы.

Усилитель — это прибор, который осуществляет линейное умножение напряжения или интенсивности исходного сигнала, не изменяя его формы и характеристик. Он должен придать сигналу напряжение и интенсивность, достаточные для того, чтобы эффективно воздействовать на устройства, преобразующие сигнал на выходе, и обеспечить тем самым зрительный контроль и регистрацию явлений.

В зависимости от функции различают *усилители амплитуды* (напряжения) и *усилители мощности* (интенсивности). Первые применяются главным образом в случае зондов-перехватчиков и представляют собой *предусилители* в цепи передачи. Вторые сообщают сигналу электрическую мощность, необходимую для приведения в действие преобразователей выхода, и находятся в конце цепи, откуда и происходит их название — выходные усилители.

С другой стороны, обработка биоэлектрических сигналов требует исключительной осторожности при установлении связи между выходным усилителем и источником явления посредством зондов-электродов.

Эта связь может быть непосредственной в случае *предусилителей постоянного тока*. Именно эти приборы обладают наибольшей «полосой пропускания», то есть они способны передавать без искажений сигналы постоянной величины и их изменения, от самых медленных до самых быстрых. Однако, когда необходимо получить как можно более высокие значения усиления, при применении усилителей этого типа возникают трудно поддающиеся разрешению проблемы стабильности.

Эта связь может быть емкостной в случае *предусилителей переменного тока*. Наличие конденсаторов или емкостных связей, помещенных между зондом и усилителем, препятствует прохождению сигналов постоянной величины и их медленных колебаний. В то же время оно позволяет преодолеть трудности, возникающие в силу сдвига фаз, за счет сужения «полосы пропускания» со стороны низких частот, в результате чего только достаточно быстрые периодические или неустановившиеся колебания могут быть усилены без искажений.

Промежуточным типом усилителя является *усилитель несущей частоты*. Когда такой усилитель работает по принципу воспроизведения явления в виде сигнала с фиксированной, оптимально выбранной частотой, амплитуда которого изменяется как функция динамики изучаемого явления, он называется *усилителем амплитудной модуляции*. Когда же его действие основывается на использовании сигнала с постоянной амплитудой, но с частотой, меняющейся в зависимости от явления, то

он называется *усилителем частотной модуляции*. Этот тип усилителя имеет особое назначение. Он используется в тех случаях, когда необходимо добиться высокого коэффициента усиления при широкой «полосе пропускания» и высокой стабильности.

Наиболее часто встречающимся вариантом усилителя является *усилитель-прерыватель (тиккер)*, который производит развертку явления, преобразуя его в ряд последовательных сигналов с фиксированной частотой и переменной амплитудой,

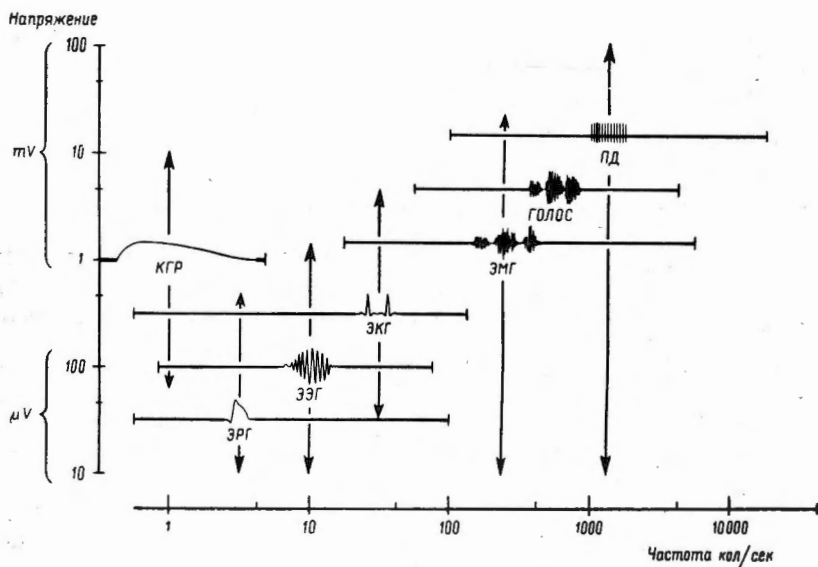


Рис. 4. Полосы частот и диапазоны напряжения, характерные для наиболее часто используемых биоэлектрических явлений. Электроретинограмма (ЭРГ); электроэнцефалограмма (ЭЭГ); электрокардиограмма (ЭКГ); электродермограмма (кожно-гальваническая реакция — КГР); электромиограмма (ЭМГ); регистрация голоса; регистрация потенциалов действия (ПД).

огибающая которых воспроизводит форму исходного сигнала. Эти усилители позволяют осуществлять измерение непосредственно суммируемых медленных сигналов с большим коэффициентом усиления и высокой стабильностью. Их главным недостатком является сужение полосы пропускания в силу механического разделения сигналов.

Рассмотрим, наконец, принцип работы *дифференциальных усилителей*, которые используются обычно в качестве предусилителей биоэлектрических сигналов. Входной каскад таких усилителей позволяет автоматически устранять нежелательные паразитные сигналы, совпадающие по фазе с напряжением, при-

ложенным к электродам, в частности сигналы, возникающие в поле переменного тока в 50 гц, от которого питаются применяемые нами схемы. Напротив, разность потенциалов между электродами-зондами, введенными в изучаемый источник, оказывается должным образом усиленной.

Само собой разумеется, что выбор типа усилителя и типа возможной емкостной связи (постоянной времени), которая определяет полосу пропускания в цепи усиления, будет в основном функцией характеристик изучаемого сигнала. (На рис. 4

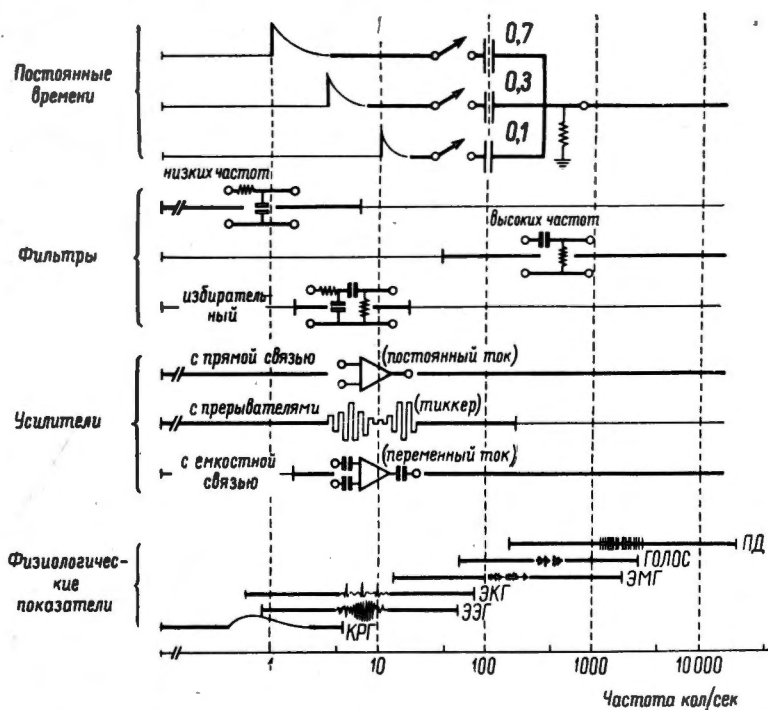


Рис. 5. Ограничения полосы пропускания различных цепей регистрации.

1. Как следствие наличия емкостных связей, введенных в цепь усиления (постоянные времени); на графике представлены три постоянные времени, обычно употребляемые в электроэнцефалографии.
2. Принцип ограничения полосы пропускания с помощью фильтров: низких частот, высоких частот или избирательных.
3. Различные типы усилителей: с прямой связью (постоянный ток), с прерывателем (тиккер), полоса пропускания которого ограничена со стороны высоких частот частотой прерывателя; с емкостной связью, полоса пропускания которого ограничена со стороны низких частот постоянной времени.

В нижней части рисунка еще раз показаны (см. рис. 4) полосы пропускания наиболее часто встречающихся физиологических сигналов, знание которых необходимо для правильной регистрации их.

показаны характеристики напряжения и частоты некоторых наиболее часто встречающихся электрических сигналов.) Ошибка выбора может привести к значительным искажениям явления и к неправильному истолкованию результатов регистрации (см. рис. 5).

§ 5. Визуальный контроль и хранение сигналов: регистрирующие устройства

Начиная с работ Мареля преимущества графического метода регистрации данных стали достаточно очевидными для биологической науки, и поэтому нет необходимости еще раз указывать на важное значение этой методики. Получаемые таким образом документы представляют собой одну из форм хранения информации, допускающую анализ, сравнение и измерение ее. Они являются фактически зарегистрированным явлением.

Существуют различные формы таких документов в зависимости от применения более или менее совершенной аппаратуры. Мы различаем два больших класса документов, соответствующих двум основным способам воспроизведения явления: *аналоговые* и *цифровые*.

А) Самый распространенный и наиболее часто встречающийся класс документов предполагает аналоговую форму воспроизведения. Иначе говоря, эволюция графической кривой, отражающей изменения амплитуды электрического сигнала как функции времени, представляет собой аналог изучаемого сигнала в том смысле, что она с максимальной точностью и в форме, допускающей непосредственное прочтение, воспроизводит эволюцию во времени избранного параметра.

а) *Рычаг-регистратор*, царапающий закопченную ленту цилиндра при вращении последнего, уже осуществлял воспроизведение такого рода. Преимущество этого способа заключается в том, что он немедленно предоставляет экспериментатору документ, который расшифровывается сразу же, по мере развития изучаемого явления, позволяя, таким образом, в любой момент времени воздействовать на исследуемый процесс. Однако инерционность средств механической передачи накладывает существенные ограничения при записи быстро изменяющихся явлений.

б) *Фоторегистрация* на чувствительной эмульсии идеально устраняет этот недостаток; она применяется во всех случаях, когда возникает опасность того, что в процессе записи может исказиться форма изучаемых явлений. Тем не менее каждый раз, когда возможен компромисс и эксперимент требует (что бывает очень часто) немедленного изменения сигнала экспериментатором в соответствии с условиями опыта, способы прямой записи оказываются более предпочтительными.

в) *Чернильная запись* пользовалась большим успехом, особенно в случае оборудования, предназначенного для электроэнцефалографической клиники. В дальнейшем она широко применялась в электрофизиологических лабораториях. Ее главный недостаток заключается в инерционности подвижных элементов, записывающих гальванометров и в обязательности корректирующих устройств, предназначенных обеспечить их линейность и надежность; необходимость коррекции усложняет производство и установку такой аппаратуры и требует частого технического контроля этих качеств, ибо регистрация предполагает точность.

Полоса пропускания современных электроэнцефалографов редко превосходит 60—80 гц, что тем не менее оказывается достаточным для правильной регистрации сигналов в широкой полосе пропускания, типичной для физиологических явлений (см. рис. 6). Несколько улучшить эти результаты можно за счет применения систем струйной записи или систем с нагретыми перьями с использованием в последнем случае термочувствительной бумаги (что значительно увеличивает стоимость эксперимента). Таким образом устраняют влияние инерции, возникающей в результате трения пера по бумаге.

г) *Системы зеркальных гальванометров* избавляют нас от перечисленных выше недостатков и интересны тем, что с их помощью можно получить высокий коэффициент усиления даже в случае слабой энергии благодаря оптическим рычагам, возникающим при отражении параллельных световых лучей от зеркала, укрепленного на подвижном шасси.

Преимущество этих систем в том, что им не свойственны нестабильность и фоновые шумы, характеризующие цепи электронного усиления того же порядка. Становится возможным пересечение кривых, ограничивающее возможности перьевой записи, что облегчает регистрацию и сравнение одновременных явлений.

Их основными недостатками являются крайняя чувствительность к механическим колебаниям, трудность настройки оптики (фокусировка, регулировка параллельного пучка) и необходимость применения фотографической записи. Использование в некоторых новейших приборах бумаги, чувствительной к ультрафиолетовым лучам, частично устраняет этот последний недостаток, но высокая стоимость такой бумаги ограничивает ее применение в случае регистраций, требующих продолжительного времени или больших скоростей записи.

д) *Катодные осциллографы* имеют перед гальванометрами то преимущество, что в них отсутствуют механические элементы, ибо принцип их действия состоит в отклонении пучка электронов в переменном электрическом поле. Поэтому их полоса пропускания значительно превосходит потребности изучения биоэлектрических явлений. Технология изготовления катодных осциллографов достигла значительных успехов, пре-

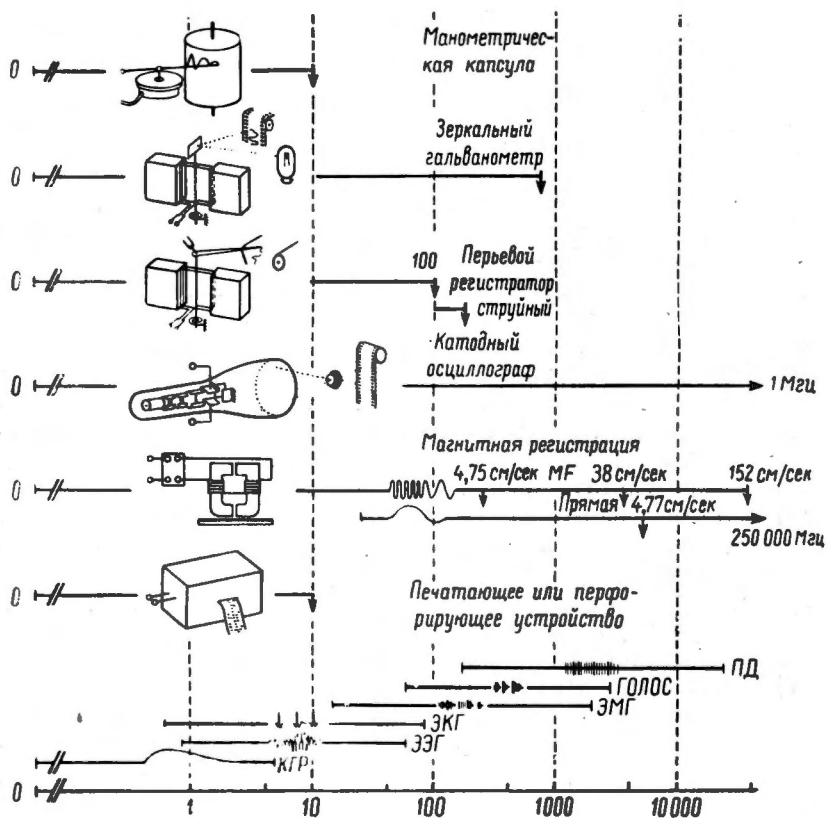


Рис. 6. Ограничения полосы пропускания, связанные с типом регистрации или хранения данных.

В порядке возрастания рабочих характеристик (точности результатов): устройства, осуществляющие запись на закопченном цилиндре с помощью манометрических капсул; печатные или перфорирующие устройства (цифровое воспроизведение); зеркальный гальванометр с фоторегистацией; перьевые регистраторы; магнитная запись частотной модуляции; прямая магнитная запись, расширяющая полосу пропускания за счет высоких частот, но зато ограничивающая низкие частоты; катодный осциллограф с фотозаписью, очень широкая полоса пропускания которого позволяет регистрировать практически все известные биоэлектрические явления. В нижней части рисунка приводятся полосы пропускания, необходимые для правильного воспроизведения различных физиологических показателей, показанных на рис. 4.

одолев большинство трудностей, связанных с проблемой фокусирования точки и линейностью записи по двум осям, что превратило катодный осциллограф в идеальный инструмент, не только необходимый для электрофизиолога, но и пригодный для самых различных целей. Умножение кривых может быть осуществлено либо путем наложения друг на друга независимых каналов, либо разделением светового пучка, каждое направление которого обрабатывается отдельно, либо, наконец, с помощью электронных коммутационных устройств (сужающих иногда полосу пропускания за счет высоких частот). Неизбежные ограничения, налагаемые возможностями фоторегистрации при различных способах ее применения, вынуждают нас прибегать (в случаях, когда это необходимо и согласуется с требуемой точностью) к помощи чернильной записи. В качестве осциллоскопов, используемых для контроля и наблюдения, катодные осциллографы находят все более широкое применение.

е) *Магнитная запись* в физиологических экспериментах стала применяться недавно. Она представляет собой новый и очень удобный способ хранения информации. Действительно, сигнал можно записать в *аналоговой* форме, если использовать модуляцию длительности импульса или частотную модуляцию. Полоса пропускания зависит, естественно, от скорости записи, а точность воспроизведения — главным образом от стабильности скорости механической протяжки ленты. Кинематика остается самым уязвимым местом аппаратов этого типа, технология изготовления которых, впрочем, быстро развивается.

Непосредственная запись немодулированного сигнала позволяет значительно расширить полосу пропускания в сторону высоких частот, но при этом очень ограничивает низкие.

Увеличение числа дорожек возможно благодаря увеличению числа записывающих и воспроизводящих головок (установка которых очень сложна).

Значение этого способа хранения информации заключается в том, что магнитная память допускает свободное обращение с временным параметром (реверсия, расширение, сужение), что увеличивает возможности последующей обработки записанных электрических сигналов.

Б) Так называемое *цифровое* воспроизведение явлений не есть нечто новое в том смысле, что всякая операция численного измерения того или иного параметра предполагает переход к цифровому языку. Это та конечная операция, к которой прибегает экспериментатор для разумного использования аналоговых документов, имеющих в его распоряжении (измерение латентного периода, амплитуды, частоты, длительности и т. д.).

Отдельные устройства осуществляют непосредственный аналого-цифровой перевод, что позволяет получать различные виды документации:

а) *печатающие машины* дают ряды цифр, которые используются непосредственно;

б) *машины с использованием перфолент* (типа Seltar) допускают вторичное использование документа для дальнейшей обработки данных и программирования вычислительных устройств;

в) *машины с использованием перфокарт* (типа IBM) выдают документы, которые можно ввести непосредственно в счетное устройство;

г) *аппараты магнитной записи* имеют большое преимущество, ибо они, так же как и подобные аналоговые регистраторы, допускают свободное обращение с хранящимися в них цифровыми данными;

д) *запоминающие устройства на ферритовых сердечниках* представляют собой новейший вид хранения данных и являются, в частности, составными частями больших и специализированных вычислительных машин.

Сохранение данных в таком виде крайне выгодно, так как это значительно упрощает процедуру дальнейшей их обработки. Они, в частности, могут служить основой для программирования электронно-вычислительных машин. Прогресс в этой области стремителен, что предвещает изменение традиционных способов регистрации физиологических данных в самом ближайшем будущем. (Интересные данные, связанные с проблемой регистрирующих устройств, можно найти в книге Каца и его сотрудников, 1964.)

§ 6. Информационная ценность полученного сигнала

Количество информации, полученной в результате регистрации физиологического показателя, и, следовательно, правильное применение ее в рамках рабочей гипотезы, определившей ее выбор, будет зависеть от многих факторов, и в частности от принятого метода регистрации. При этом необходимо знать и тщательно контролировать характеристики и возможности используемого прибора. Необходимо здраво оценивать также характеристики полученного сигнала и условия правильного его обнаружения. Наконец, должны быть сведены к минимуму оптимальным способом источники интерференции или возможных искажений явления в самом начале и на различных участках цепи регистрации.

Мы рассмотрим последовательно следующие три момента:

А. Качество прибора

Хороший измерительный прибор должен быть чувствительным, точным и надежным.

Чувствительность должна соответствовать измеряемым величинам, при этом могут возникнуть определенные трудности, если диапазон изменений явления достаточно велик.

Точность измерений зависит от рабочих характеристик выбранной аппаратуры. Ошибка измерения определяется как мгновенная разность между величиной измеряемого физиологического явления и величиной, которую выдает регистрирующее устройство.

Надежность предполагает воспроизводимость результатов измерения и, следовательно, стабильность характеристик аппаратуры.

Эти качества можно предварительно исследовать в плане общего функционирования системы записи путем простого сопоставления величины сигнала, подаваемого на вход системы, с конечным результатом, получаемым на выходе.

Идеальным является такой аппарат, который позволяет получить параметр, вариации которого «аналогичны» вариациям измеряемого физиологического явления. Контроль за этими качествами должен, в частности, производиться по трем главным направлениям: по линии статической точности, по линии динамической точности и, наконец, по степени физиологической реактивности.

а) *Статическая точность* касается способности прибора поддерживать линейную зависимость между входным и выходным сигналами в стационарных условиях и независимо от характера изменений сигнала.

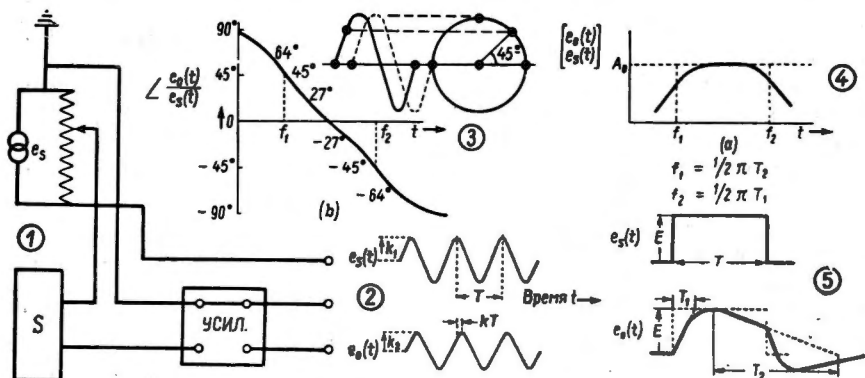
С практической точки зрения это качество можно проверить путем изучения ответа системы при систематическом изменении сигнала на входе с последующим постепенным обеспечением стационарных условий для каждого измерения. Таким образом, проверяются стабильность калибровки системы и, следовательно, точность измерения. С другой стороны, надежность устанавливается путем проверки постоянства результатов при подаче на вход либо нарастающих, либо убывающих сигналов.

Неточность может быть результатом либо нестабильности (по разным причинам) начала отсчета, либо нелинейности системы воспроизведения, либо наличия явления гистерезиса.

б) *Динамическая точность* относится к способности воспроизводить быстрые изменения сигнала во времени. Она определяет «полосу пропускания» системы.

Практически ее можно определить, подавая на вход системы синусоидальные или прямоугольные сигналы и сравнивая затем амплитуду и фазу ответа с аналогичными характеристиками сигнала на входе (см. рис. 7).

Ею в конечном счете определяется кривая частотной характеристики прибора. Эта проверка имеет исключительно большое значение для физиологического эксперимента, так как



Р и с. 7. Принцип проверки надежности усиления.

1. Напряжение источника e_s понижается с помощью делителя напряжения, соединенного последовательно с препаратом S до величины $\frac{e_s}{A_0}$. Величина сопротивления делителя должна быть низкой (1—10 000 ом) с тем, чтобы ею можно было пренебречь по сравнению с суммарной величиной входного сопротивления усилителя и сопротивления препарата.

2. Используя e_s в качестве источника синусоидальной волны переменной частоты, можно сравнить амплитуду и фазу сигналов $e_s(t)$, исходящих непосредственно от источника, с амплитудой и фазой сигналов $e_0(t)$ в цепи препарата и усилителя. Относительную амплитуду $\frac{e_0(t)}{e_s(t)} = \frac{K_2}{K_1} A_0$ можно измерить с помощью значений K_1 и K_2 , как показано на схеме.

Если T есть период синусоидальной волны, то можно определить сдвиг фаз KT в цепи усиления. Многократное произвольное изменение частоты f явления позволяет оценить величину сдвига фаз в цепи усиления в зависимости от частоты (схема 3). С другой стороны, можно вычертить кривую уменьшения коэффициента усиления усилителя как функцию частоты (схема 4), которая покажет, в частности, полосу частот, внутри которой данное явление правильно передается по амплитуде.

3. Простой и быстрый метод определения полосы частот, внутри которой амплитуда сигналов передается без искажений при прохождении по цепи усиления, состоит в том, что на усилитель подается прямоугольный электрический импульс с амплитудой E и длительностью T (схема 5); форма явления, получаемая на выходе усилителя, показана на нижнем рисунке схемы 5. T есть время ответа усилителя. С его помощью можно получить значение

$$\text{верхнего предела частоты } f_2 = \frac{1}{2\pi T_1}.$$

Таким образом с помощью величины T , способ получения которой показан на рис., можно вычислить предел частоты $f_1 = \frac{1}{2\pi T_2}$.

Этот способ позволяет получить общую частотную характеристику прохождения сигнала по всей цепи регистрации. В случае постоянного тока T_2 равно бесконечности [модификация по Шонфельду (Р. Л.), 1964].

границы полосы пропускания в значительной степени определяют искажение формы сигнала.

Неточность может быть результатом либо недостаточного, либо избыточного демпфирования системы. Недостаточное демпфирование приводит главным образом к возникновению собственных колебаний системы, интерферирующих с изучаемым явлением; чрезмерное демпфирование приводит к увеличению или уменьшению времени реакции системы, обычно выражающейся в виде постоянной времени системы. Выбор постоянной времени должен быть обоснован, при этом необходимо учитывать характеристики изучаемого сигнала.

в) *Физиологическая реактивность*. Этот термин, введенный Бертоном (1954), обозначает искажения изучаемого физиологического явления, обусловленные самой системой регистрации. Здесь необходимо остановиться на двух факторах:

Зонды-перехватчики, проводники, вес прибора способны изменить ответ физиологической системы. Известно также важное значение технологического фактора в психологических экспериментах; так, часто отмечают серьезные недостатки их, возникающие из-за неудобств, причиняемых испытуемому датчиками из-за необходимости сохранять неподвижность, чтобы обеспечить наилучшие экспериментальные условия регистрации физиологических показателей. Нельзя недооценивать важность такой критики. Необходимо поощрять усилия, направленные на миниатюризацию аппаратуры, и приветствовать успехи, достигнутые за последние годы в создании телеметрических зондов.

Система обнаружения по своей природе и по причине контакта зонда и ткани также может оказаться каналом рассеяния полученного сигнала, что может привести к существенному ослаблению и искажению его. Этот фактор следует особенно учитывать при регистрации биоэлектрических явлений. Собственный импеданс регистрирующей системы, и в первую очередь ее входных каскадов, играет основную роль в утечке электричества в схемах обнаружения. На практике можно пренебречь величиной сопротивления исследуемой ткани между двумя воспринимающими электродами по сравнению с величиной сопротивления на сетках основного входа каскада усиления (5×10^3 ом по сравнению с 10^6 ом, например). Надо помнить, что уменьшение поверхности электродов или такие локальные факторы, как подсыхание или плохой контакт, приводят к значительному повышению сопротивления между электродами и способны поэтому существенно ослабить или исказить изучаемое явление.

Как правило, преобразователь с малой физиологической реактивностью — это прибор, применение которого исключает чрезмерную утечку нормального потока массы или энергии в точке обнаружения.

Выбор прибора с учетом его качеств и требуемых рабочих характеристик будет зависеть в первую очередь от характеристик подлежащего регистрации физиологического сигнала, а также, разумеется, от задачи эксперимента. При таком подходе целесообразно рассмотреть вопросы, связанные с выбором полосы пропускания, коэффициента усиления и размещения зондов.

а) *Выбор полосы частот.* Поскольку эксперимент требует сохранения, насколько возможно, структуры исходного сигнала, то становится необходимой оценка по частоте его составных элементов, с тем чтобы правильно выбрать полосу пропускания.

Большую часть физиологических сигналов можно выразить в виде изменяющейся во времени кривой, о которой известно, что она может быть математически представлена более или менее непосредственно в виде периодической функции, разложимой в ряд Фурье. Любую волну сложной формы можно рассматривать в первом приближении как сумму ряда простых синусоид, амплитуда и фазовые отношения которых определяются исключительно формой и величиной изучаемой сложной физиологической волны. В этих условиях, если одна сложная волна может быть представлена рядом Фурье, ордината любой точки кривой может рассматриваться как сумма ординат синусоидальных волн, образующихся при разложении ее в ряд Фурье. Отсюда следует, что система линейного ответа для спектра определенной частоты окажется в состоянии точно воспроизвести кривую сложного изучаемого явления.

Из практики известно, что большой класс физиологических явлений можно успешно представить с помощью рядов Фурье, в которых значения синусоидальных членов изменяются как обратная функция частоты; таким образом, ограничение полосы пропускания со стороны высоких частот не влечет за собой заметного искажения явлений. Тем не менее введение фильтров или емкостных связей должно всегда производиться с осторожностью, учитывая, что это отразится на полосе пропускания прибора. Обратимся в связи с этим к рис. 4, на котором схематически представлен диапазон частот наиболее распространенных физиологических параметров, и сопоставим их с различными типами ограничений, накладываемых на системы регистрации наличием емкостных связей или фильтров.

С практической точки зрения можно приблизительно оценить, какой должна быть полоса пропускания для определенного сигнала, оценивая продолжительность наиболее медленных и наиболее быстрых изменений явления, в то время как они фиксируются системой, на которую не наложено никаких

ограничений (например, усилителями постоянного тока и катодными осциллографами). Таким образом, становится возможным более разумный выбор прибора с такой полосой пропускания, которая позволит осуществить регистрацию без искажений. На рис. 5 сопоставлены относительные характеристики основных классов регистрирующих приборов и частотные диапазоны наиболее широко используемых физиологических явлений.

б) *Выбор коэффициента усиления* зависит от требуемой чувствительности и диапазона колебаний амплитуды регистрируемого явления. На рис. 4 приводятся такие диапазоны для различных физиологических параметров. Трудности возникают тогда, когда колебания значительны, что влечет за собой либо нечувствительность системы к слабым колебаниям, либо, что еще более существенно, ее насыщение в области высокоамплитудных колебаний. Нужно признать, что в этом случае ограничение амплитуды правомерно. Насыщение системы часто влечет за собой временную нестабильность, способную помешать правильному воспроизведению. Некоторые устройства позволяют свести к минимуму этот недостаток.

в) *Выбор позиции зонда* приобретает центральное значение, так как от нее будет зависеть большая или меньшая избирательность приема и — в какой-то степени — форма фиксируемого сигнала.

Необходимо помнить, что форма электрического явления при биполярном размещении электродов связана главным образом с топографией электродов в электрическом поле, создаваемом генератором. Генератор сам может изменять свое положение по отношению к электродам в процессе регистрации; так, например, распределение электрического поля сердца меняется в зависимости от ритма дыхания, положения тела и движений субъекта. Регистрация, таким образом, может выявлять колебания амплитуды, которые являются не чем иным, как отражением изменения расположения электродов относительно источника. Особенно важно учитывать это в электромиографии, так как перемещение сокращающейся мышцы под кожей может оказаться причиной значительных колебаний такого рода. То, что является недостатком в одних случаях, может оказаться крайне полезным при других обстоятельствах: так, например, в электроокулографии используются фиксированные периокулярные электроды, для того чтобы уловить с их помощью перемещения электрического генератора, которым является глазное яблоко.

В общем, напомним о важности топографии расположения электродов для электроэнцефалогических исследований: необходимость стандартной системы расположения электродов отмечается учеными всего мира.

В. Источники погрешностей и интерференции: их устранение

Правильный выбор экспериментальной системы, соответствующей характеристикам регистрируемого сигнала, еще не гарантирует высокого качества записи.

Различают два возможных источника интерференций, способных снижать точность системы: наличие неустраняемых недостатков устройства, обязательно присутствующих в нем, хотя бы и в минимизированной форме, и нежелательные флуктуации, происхождение которых не связано непосредственно с измеряемым физиологическим явлением и которые могут даже замаскировать выделяемый сигнал.

а) *Погрешности системы записи.* В конечном счете они определяются рабочими характеристиками системы в целом, и с учетом их определяются специфические качества и возможности системы.

Интересно отметить при этом, что окончательные рабочие характеристики прибора являются чаще всего результатом компромисса между различными противоречащими друг другу требованиями и поисками оптимальных общих характеристик системы в целях наилучшего воспроизведения сигнала.

Так, минимизация физиологической реактивности часто несовместима с максимизацией динамической точности системы. Отметим также и то, что в ходе последовательных трансформаций в цепи передачи сигнал подвергается фазовым искажениям: по отношению к сигналу на входе волна, которую получают на выходе, смещена во времени, причем это смещение равно времени прохождения сигнала через устройство. Этот недостаток физически неустраним. Тем не менее, если фазовый сдвиг системы линеен относительно частоты (см. рис. 7), время прохождения различных компонентов частотного спектра через систему будет одинаковым, так что фазовые отношения различных компонентов не будут изменяться, и при отсутствии искажения амплитуды получаемая на выходе волна сложной формы будет идентична сложной волне на входе. В большинстве физиологических исследований временем прохождения можно пренебречь. Однако в тех случаях, когда эксперимент требует очень точного сопоставления двух одновременных явлений, регистрируемых с помощью различных схем, проблема эта сразу же приобретает серьезное значение.

Подчеркнем также тот факт, что увеличение чувствительности преобразующего устройства ограничивается нестабильностью и динамической неустойчивостью системы, которые возрастают в обратном направлении. В этом случае выбор соответствующего преобразователя есть результат компромисса, являющегося завершением тщательного изучения рабочих характеристик устройства в свете исследуемой проблемы. Проблемы линейно-

сти и динамической точности в настоящее время успешно решаются с помощью усилительных устройств, применение которых в свою очередь вызывает неизбежные трудности, связанные с наличием неустраняемых фоновых шумов, к рассмотрению которых мы еще вернемся.

Выбор регистрирующих систем также очень часто является результатом компромисса, когда, жертвуя, например, надежностью передачи сигнала, искажаемого вследствие ограниченности полосы пропускания, удается осуществить прямую запись. По этому вопросу полезно обратиться к статьям Фрая (1960) и Шонфельда (1964).

б) *Источники паразитных шумов.* Понятие «шум» относится к флуктуациям сигналов, исходящих из неустойчивых источников, не связанных непосредственно с изучаемым физиологическим явлением.

Обычно различают три вида шума: электрический, механический и тепловой.

1. Электрический шум может иметь различные причины.

— Электронные компоненты усилительного устройства не обладают абсолютной устойчивостью. Источники электрического питания могут быть подвержены более или менее значительным колебаниям. Термоэлектронная эмиссия — явление дискретное. На уровне входного каскада эти колебания имеют тот же коэффициент усиления, что и сигнал, и вследствие этого они могут заглушить сигналы с малой амплитудой. В современных системах регистрации эти шумы вполне удовлетворительно устраняются.

— Воспринимающие электроды в некоторых случаях являются причиной существенных помех в результате электрической поляризации, что иногда вызывает необходимость применения так называемых неполяризующихся электродов (хлористое серебро). Этой проблеме был посвящен целый ряд глубоких исследований. Спайка или место соединения различных металлов в равной степени могут оказаться генераторами тока в результате термо- или фотоэлектрического эффекта, поэтому необходима крайняя осторожность при электрофизиологическом монтаже, чтобы устранить возможность появления помех такого рода.

— Шум может также исходить из внешних и внутренних паразитных источников.

Внешние паразитные источники требуют специального рассмотрения.

Переменный ток 50 гц, циркулирующий в обычных цепях электрического питания, образует паразитное поле, являющееся источником очень сильных помех, что требует от электрофизиолога принятия мер предосторожности. Организм, над которым проводится эксперимент, представляет собой как бы мощную

антенну, чувствительность которой прямо пропорциональна ее поверхности. Наличие металлического экрана, помещенного между источником и препаратом и связанного с землей, оказывается достаточным для эффективного устранения паразитного поля. Меры предосторожности, обычно принимаемые при установке лабораторной аппаратуры, сводятся к помещению системы питания в заземленные металлические трубки. Аппараты, питающиеся от этих цепей, должны быть также заземлены на корпус, чтобы избежать появления источников излучения. Клетки Фарадея являются весьма эффективной защитой, необходимой при проведении определенных работ, но их можно с успехом заменить такими мерами предосторожности, как экранирование паразитных источников, понижение сопротивления между электродами, уменьшение длины проводников на входе, тщательная регулировка разности каскадов усиления и особенно правильное заземление. Что касается последнего, рекомендуется заземление звездой вместо обычно употребляемых замкнутых контуров. Иначе говоря, выгоднее присоединить массы различных приборов к одной и той же точке общей массы, чем соединять приборы между собой. Достаточно полное исследование этих проблем можно найти в книге Настука (Уолбаршт, 1964).

Помехи, являющиеся результатом индукции и, в частности, наличия магнитного поля, труднее устранить. Следует вообще максимально отдалить источники такого рода — моторы, реле, электромагниты и т. д. Эффективную экранировку можно осуществить только с помощью специально обработанных и дорогостоящих металлов (мю-металлов).

Нестационарные электрические процессы или импульсы высокой частоты также создают трудноустраняемые паразитные поля. В таких случаях необходимо использовать специальные клетки Фарадея, снабженные фильтрующими элементами. На практике правильный выбор местонахождения лаборатории — вдали от лифтов, мастерских, источников токов высокой частоты (диатермии) и люминесцентных ламп — позволяет устранить такие источники паразитных шумов, которые трудно устраняются в других условиях.

Наконец, статическое электричество может накапливаться в значительных объемах на изолированных оболочках, изготовленных из синтетических материалов и, что более серьезно, на самом экспериментаторе, если он не заземлен и тем более если на нем нейлоновая одежда и обувь с подошвами из крепкаучука. В этом случае он разряжается на заземленного испытуемого, что влечет за собой значительные артефакты на кривой. Накопления таких зарядов можно избежать, если отводить их естественным путем в землю. Подстилки из проводящего ток каучука, например, или подошвы из кожи, проводимость кото-

рой относительно велика по сравнению с креп-каучуком или резиной, представляют собой хорошие способы устранения этих недостатков.

Внутренние паразитные источники также ставят перед нами не менее сложные проблемы.

Организм — хороший проводник, и сигнал, зарегистрированный в той или иной его точке, часто бывает искажен паразитными полями, исходящими от более отдаленных источников. Так, электрическое поле сердца при определенной мощности генератора практически можно зафиксировать на всем кожном покрове. Таким же точно образом на записи могут отразиться и другие явления. Точка заземления испытуемого приобретает в этом случае первостепенное значение. Воспринимающие электроды можно защитить от электрического поля сердца при условии правильного их расположения. Средняя изoeлектрическая линия этого поля может изменяться от одного испытуемого к другому (см. рис. 1). Методика приема, предполагающая расположение электродов по одну и другую сторону от этой линии, способствует получению электрокардиограммы. При миополиграфии, когда особенно необходимы многочисленные отведения на различные члены, например, важно найти на изoeлектрической линии подходящее место для заземления, чтобы обеспечить надежную защиту от паразитного поля. Правая нога часто оказывается прямым продолжением этой линии и поэтому представляет собой в этом отношении удобное место. Местоположение испытуемого или его движения также могут вызвать перемещение этого источника помех и свести на нет эффективность выбранных мер защиты.

Иногда при записи ЭЭГ, ЭОГ или КГР в качестве источника помех выступает активность соматической мускулатуры. В этом случае можно воспользоваться тем фактом, что частотная полоса таких сигналов выше (см. рис. 3 и 4) и фильтр низких частот окажется достаточным для устранения нежелательных электромиограмм.

Правильному приему ЭМГ и ЭЭГ может помешать КГР. Эту помеху можно устранить с помощью фильтра высоких частот (рис. 5).

Надо отметить также наличие электродвижущей силы кожи, способной препятствовать регистрации, требующей применения усилителей с прямым входом. В этой связи интересно отметить, что у женщин в период менструаций эта электродвижущая сила может достигать значительной величины. Установка контрбатарей, состоящей из элементов с противоположными фазами, воспринимающих электрод, позволяет скомпенсировать и снова сбалансировать систему.

2. *Механические шумы.* Они также могут иметь экзогенный и эндогенный источники.

Вибрации или ускорения компонентов системы записи могут привести к возникновению значительных помех на самых различных участках цепи передачи.

Перемещение электродов по коже, вызванное либо движениями испытуемого, либо пульсацией, либо дыхательными движениями, а в отдельных случаях — вибрацией мотора или механическими микровибрациями кожи (Рочачер, 1962), представляет собой важный источник артефактов, который необходимо принимать во внимание и устранять. Оно приводит к вибрации поверхности контакта, что влечет за собой колебания сопротивления между электродами. Избавляются от этого с помощью гибких электродов (chamex) или используя токопроводящую пасту. Прочная установка электродов на поверхности достигается также тем, что их покрывают кусочком пропитанной коллодиумом марли. Этот метод рекомендуется для длительных регистраций, так как, кроме всего прочего, его достоинство заключается в том, что он предупреждает возможное подсыхание электродов.

Движения проводника, влекущие за собой его перемещение в паразитных полях, приводят к возникновению помех, вызванных индуктивными токами; они и сами могут стать причиной возникновения поля возмущений в результате перемещения электростатических зарядов, накопившихся на их изолирующей оболочке.

Электромеханические преобразователи в сильной степени подвержены механическим шумам, когда требуемая данной операцией обнаружения чувствительность превосходит определенный порог.

Электронные элементы также подвержены воздействиям механических факторов. Чрезвычайно важно выявить так называемые микрофонные лампы, которые являются источником нежелательных артефактов.

Оптические гальванометры в этом смысле очень чувствительны к вибрациям окружающей среды и требуют принятия специальных мер предосторожности.

3. *Тепловые шумы*. Одним из важных ограничений систем электронного усиления является наличие неустраняемого «фоновых шума», вызванного тепловым движением молекул. Некоторые угольные сопротивления служат существенными источниками шума, который становится помехой при регистрациях, требующих высокого коэффициента усиления. Технология изготовления этих элементов достигла значительного прогресса. Заметим, однако, что транзисторы «шумят» значительно больше, чем электронные лампы, так что применение последних по-прежнему предпочтительнее, по крайней мере для входных каскадов биологических усилителей с большим коэффициентом усиления. Они также чувствительны к изменениям температуры,

и некоторые преобразователи с использованием сопротивления требуют наличия специальных компенсирующих схем для их правильного применения.

В общем, трудности, с которыми чаще всего приходится сталкиваться при точной регистрации физиологических показателей, связаны с устранением различных источников интерференции. Они, следовательно, должны быть хорошо известны экспериментатору, для того чтобы их можно было успешно преодолеть.

§ 7. Выводы

По завершении этого весьма поверхностного обзора необходимо прежде всего отметить значительное развитие техники регистрации физиологических показателей, что существенно расширило область изучения реакций организма.

Можно подчеркнуть в технологии тенденцию к миниатюризации аппаратуры, особенно преобразователей, которые становятся незаметными и надежными агентами на службе экспериментатора. Этот прогресс позволяет надеяться, что в ближайшем будущем благодаря развитию телеметрии, которая полностью освободит изучаемый организм от механических связей с регистрирующей аппаратурой, значительно улучшатся условия регистрации физиологических параметров; с испытуемого будут сняты зачастую весьма серьезные ограничения, обусловленные прежними методами работы.

Можно также ожидать значительных успехов в направлении снижения «физиологической и психологической реактивности» аппаратуры, что будет крайне полезным для психологических экспериментов.

Остановимся, наконец, на необходимости серьезной подготовки для правильного использования новых приборов. Технический прогресс требует, чтобы уровень компетенции лиц, пользующихся новой техникой, поднялся до ее уровня. Только таким образом можно добиться оптимального ее использования (целесообразно в связи с этим обратиться к книге П. Жерена, 1966). Секреты лабораторной техники еще слишком многочисленны, иногда неожиданны и чаще всего не очевидны, поэтому хорошее качество записи зависит в конечном счете, гораздо больше от проницательности экспериментатора, чем от точности выбранных им приборов.

III. ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Одна из основных задач накопления физиологических данных состоит в том, чтобы придать изучаемому явлению форму, допускающую его анализ и обработку. Идентификация

измеряемых параметров является первым этапом описания явлений. Она сводится главным образом к численному представлению данных, что делает возможным обработку их с помощью математических моделей. Математическая обработка переменных величин требует, с одной стороны, выбора адекватной модели и с другой — наличия математического аппарата, позволяющего осуществить операции, которых требует эта модель. Адекватность выбранной модели и законность применяемых методов обработки могут быть оценены чаще всего только *a posteriori* на основании того, насколько удачно удастся описать с помощью этих операций наблюдаемые явления.

§ 1. Описание явлений

Встречаются различные по сложности уровни описания.

Форма и характеристики явления достаточно просты, чтобы их можно было удовлетворительно описать с помощью некоторого числа более или менее явных и легко представляемых в численном виде переменных.

Форма явления достаточно сложна, чтобы воспрепятствовать если не количественному описанию его, то по крайней мере удобной характеристике его значимых составляющих.

Наконец, явление может быть недоступно непосредственному наблюдению, и присутствие его может быть замаскировано другими сложными и независимыми явлениями.

Каждому из этих трех уровней свойственны свои типичные методы обработки, причем некоторые из них совсем недавно введены в физиологию.

А. Числовое преобразование переменных

Как мы видели, физиологические данные получают и хранят главным образом в форме зарегистрированных явлений, амплитуда которых изменяется во времени и которые объективируются в виде графических кривых разной степени сложности, поддающихся тем не менее описанию с помощью определения параметров времени, амплитуды и — дополнительно — формы.

а) *Измерение времени* не представляет в целом особых затруднений. Оно может осуществляться:

— либо с помощью измерения длины документа-записи; точность измерений зависит в таком случае от скорости записи явлений (развертки) и от толщины линии записи;

— либо путем непосредственного измерения временных интервалов, разделяющих два последовательных сигнала. Точность измерения зависит, разумеется, от четкости регистрации

временных интервалов и точности используемых часов. Эти измерения могут быть непосредственно перенесены на шкалы и счетчики или же могут быть представлены в виде импульсов, хранящихся в целях их дальнейшей обработки либо на магнитной или перфорированной ленте, либо на механографической карте, либо в ячейках запоминающих устройств на ферромагнитных сердечниках.

б) *Измерения амплитуды* производятся более сложно, особенно в случаях, когда непосредственное измерение ее величины на графике-записи оказывается почему-либо недостаточным. Автоматическое определение амплитуды ставит проблему числовой транскрипции или цифрового представления величины пикового напряжения явлений. Различными способами эта проблема сводится к сравнению измеряемого напряжения с эталонным напряжением (принцип электронных вольтметров). Цифровое представление осуществляется с помощью измерения времени, необходимого для того, чтобы линейно возрастающее эталонное напряжение достигло величины изменяемого напряжения. Другой способ состоит в подсчете числа делений, необходимых для того, чтобы устройство, осуществляющее равномерное возрастание напряжения, привело эталонное напряжение к уровню, который надо измерить (см. рис. 8).

в) *Характеристика формы* полученных кривых может быть осуществлена с помощью различных способов в зависимости от поставленной цели, требуемой точности или предполагаемых приемов дальнейшей обработки.

Определение площади *под кривой* может быть осуществлено либо вручную, методами планиметрии, либо — более удобно и точно — с помощью электронного интегрирования (заряд емкости) предварительно выпрямленной кривой. Этот прием был применен Дэвисом (1942) для количественного описания электромиограмм: заряд, поглощенный емкостью в заданную единицу времени, позволяет представить ЭМГ в виде пилообразной кривой с зубцами различной амплитуды, являющейся результатом суммирования сложных явлений, лежащих в ее основе. Еще более удовлетворительный способ (Дрогоцки, 1961, 1962) состоит в том, чтобы вызывать разряд емкости только тогда, когда накопленное напряжение достигает заданного уровня, в результате чего изменение кривой удастся представить в виде более или менее быстрых колебаний разряда; преимущество этого метода в том, что мы получаем непосредственно используемые числовые параметры. Точность этих определений, разумеется, будет зависеть в первом случае от установленного для интегрального анализа времени разряда, а во втором — от выбранного эталонного напряжения (см. рис. 8).

Идентификация характерных точек кривой и их распределение во времени будет способствовать определению формы явления:

- пересечение с осью времени (точка изменения знака) дает возможность измерить частоту периодического явления;
- пики напряжения (точки изменения направления явления);
- точки перегиба (точки нулевого ускорения).

Все эти точки помогают выразить изменение явления в единицах времени (см. рис. 8).

Временное квантование кривой и измерение амплитуд, соответствующих каждой выбранной точке, приводят к полному «цифровому представлению» кривой и, следовательно, к ее точному числовому определению (принцип аналого-цифрового представления).

Это говорит о широких возможностях, открывающихся в настоящее время в области численного представления данных в форме импульсов, хранимых и используемых в дальнейшем в целях более или менее сложной математической обработки.

Б. Анализ формы сложной волны

Он приобретает особое значение в случае определенных физиологических явлений. Формы полученных волн зачастую очень сложны (например, ЭЭГ). Хотя практически все полезные данные преобразуются в числа способами, которые мы только что описали, увеличение их количества не позволяло до последнего времени эффективно использовать их. В настоящее время эта проблема предстает в совершенно ином свете благодаря введению быстродействующих счетных устройств, которые позволяют производить математическую обработку волн такой формы и выявлять при этом параметры, с помощью которых становится возможным совершенно новое их описание.

Эти волны в каждом конкретном случае могут быть представлены либо *систематическими функциями*, для которых характерна воспроизводимость их во времени (периодические явления) (к ним относятся также функции, которые посредством аппроксимаций можно привести к систематическому виду), либо *случайными функциями*.

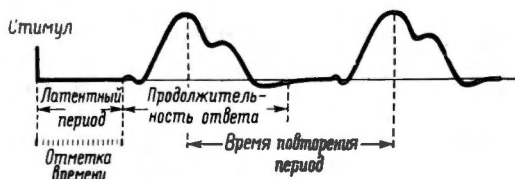
Поиски линейной характеристики этой функции, то есть такой характеристики, при которой общий ответ системы был бы равен сумме частных ответов составляющих ее элементов, представляют особый интерес в свете стремительного развития математических методов обработки линейных систем.

К сожалению, наиболее часто применяемая модель — это модель, использующая случайные функции, обработка которых

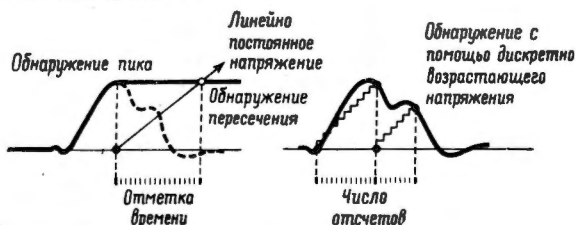
много сложнее. Однако создание приемов обработки информации, совместимых с анализом линейных систем, позволяет надеяться на успех в этой области.

Мы не претендуем здесь на раскрытие этой проблемы и поэтому рекомендуем для более тщательного ознакомления с ней, например, совместную работу Дерна и Уолша (1964). Важность и размах, который приобретает в настоящий момент эта совсем

МЕРЫ ВРЕМЕНИ



МЕРЫ АМПЛИТУДЫ



ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМЫ

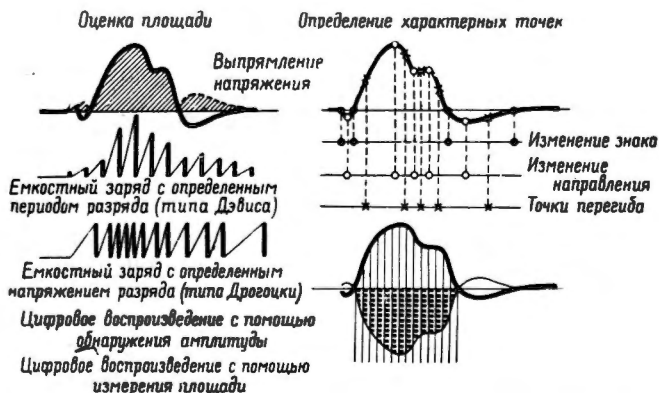


Рис. 8. Различные способы характеристики переменных (см. объяснения в тексте).

новая область анализа физиологических показателей, оправдывают тем не менее этот короткий экскурс в область математических моделей, применение которых становится все более широким и находит отражение во внушительном числе недавно вышедших работ.

а) *Обработка систематических функций. Гармонический анализ.* Эти функции отражают систематический периодический характер воспроизведения изучаемого явления. Они могут находить свое выражение в форме так называемых синусоидальных функций. С помощью переменных (амплитуда, частота, фаза) можно охарактеризовать кривые ответа системы. Синусоидальные функции интересны тем, что их сумма, производная и интеграл также являются синусоидальными функциями той же частоты.

Линейность системы осуществляется только в том случае, если коэффициенты дифференциальных уравнений, описывающих ее, постоянны. В физиологических системах это наблюдается очень редко, поэтому так велико значение методов аппроксимирования, с помощью которых можно представить такие системы в виде линейной модели.

Схематически можно предложить три способа разложения сложных кривых, позволяющие подвергнуть их точному математическому анализу: разложение на синусоиды, на экспоненциальные и на ступенчатые функции.

Первый способ, более известный под названием «разложение в ряд Фурье», используется очень широко, и только он один будет рассмотрен здесь.

Всякую периодическую функцию, иначе говоря, такую функцию, значение которой повторяется через определенный интервал времени T , называемый ее периодом, то есть $f(t-T) = f(t)$, можно разложить в ряд Фурье:

$$\begin{aligned} f(t) = & \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \omega_0 t + a_2 \cos 2\omega_0 t + \dots + a_n \cos n\omega_0 t + \\ & + b_1 \sin \omega_0 t + b_2 \sin 2\omega_0 t + \dots + b_n \sin n\omega_0 t \\ & \omega_0 = 2\pi/T. \end{aligned}$$

Это означает, что сложную кривую можно рассматривать как сумму синусоидальных элементарных компонентов с частотой ω_0 , $2\omega_0$, $3\omega_0$ и т. д. и амплитудой $a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, \dots$. Как следствие этого кривую можно представить в виде спектра частот. Этим приемом особенно часто пользовались при первых попытках анализа электроэнцефалограмм (гармонический анализ).

Математические операции разложения в ряд Фурье могут быть заменены батареей избирательных фильтров (принцип анализатора Грея Уолтера). Однако они применимы, строго го-

вора, только тогда, когда функция периодична (что, разумеется, не имеет места в случае ЭЭГ) и общая энергия функции (сумма квадратов ее амплитуд) конечна (в случае ЭЭГ она со временем возрастает). Необходимо также подчеркнуть и другую особенность: вычисления должны производиться в ограниченный период времени, что обязательно устанавливает верхний предел точности анализа частот (иллюзорными и даже опасными становятся, следовательно, попытки увеличения точности фильтрации за счет сужения полосы пропускания).

Можно также прибегнуть к разложению одного сегмента сложной кривой, считая в первом приближении этот сегмент одним циклом периодической функции. Для этого прибегают к разложению на синусоидальные функции в соответствии с *преобразованием Фурье*; математически такое разложение представляет собой интеграл ряда Фурье. Фактически эта операция сводится к преобразованию функции времени в функцию частоты, в результате чего кривая амплитуды явления перестает быть функцией времени и становится функцией частоты; мы получаем *спектр амплитуды* рассматриваемой функции.

Практические трудности, с которыми приходится сталкиваться при строгом применении этих методов, часто ведут к тому, что экспериментаторы не пользуются гармоническим анализом, а охотнее прибегают к более удобному моделированию случайными функциями.

б) *Обработка случайных функций. Спектральный анализ.* Смысл его состоит в том, что подыскиваются «некоторые» функции, с помощью которых можно описать «случайные» явления, с тем чтобы таким образом подвергнуть их математическому анализу. Мы вступаем здесь, разумеется, в хорошо знакомую психологу область статистических определений, по крайней мере в том, что касается *дискретных переменных величин*. Действительно, можно определить *распределение вероятностей*, если переменная x принимает конечное число дискретных значений.

Для *непрерывных переменных величин* определяют *функцию плотности вероятности*, которая является производной от ее функции распределения. Заметим, что гауссово распределение такой кривой служит правилом для большинства случайных переменных величин типа фонового шума. Среднее значение, среднее квадратическое отклонение и стандартное отклонение представляют собой характеристики, служащие основой для описания случайных функций.

В биологических экспериментах проблема приобретает новый аспект в результате введения переменной времени, оказывающей влияние на эволюцию формы сложной волны. Причем речь уже идет не о случайной функции, а о *случайном процессе*. Интересная ситуация возникает, когда характеристики этого

процесса не зависят от начального момента времени. В таких случаях говорят, что имеет место *стационарный случайный процесс*, обладающий особым свойством, называемым *эргодичностью* (свойством среднего значения всех интервалов времени с вероятностью 1 быть равным среднему значению всех возможных выбранных функций в данный момент времени).

Если эти условия соблюдены, можно вычислить *функцию автокорреляции процесса*. Она представляет собой среднее значение произведения значений случайного процесса в два различных момента времени t_1 и t_2 .

$$\gamma_{x \cdot x}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot x(t+\tau) dt,$$

где τ есть запаздывание ($t_2 - t_1$), а индекс $x \cdot x$ показывает, что вычисления относятся к той же самой функции $x(t)$, откуда и название — автокорреляция. Заметим, что

$$\gamma_{x \cdot x}(0) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_{(x)}^2 dt,$$

то есть для запаздывания, равного нулю, эта функция равна средней энергии функции $x(t)$.

Для некоторого запаздывания τ , $\gamma_{x \cdot x}(\tau)$ измеряет статистическую связь, существующую между явлением в момент t и в момент $t + \tau$. Эта связь убывает, если τ возрастает и становится практически равной нулю начиная с некоторого значения τ .

С другой стороны, эта функция не зависит от момента, в который она рассматривается (стационарность), и зависит только от τ . Ее можно считать мерой скорости изменения функции, являющейся компонентой случайного процесса или, в другой форме, мерой частотной компоненты исходной функции (рис. 9).

Функция плотности спектра позволяет наилучшим образом отразить частотный состав исходной функции. Она представляет собой Фурье-преобразование функции автокорреляции. Она играет столь же важную роль для описания частотных компонентов исходной волны, как функция плотности вероятности для описания амплитудного состава волны; спектральная плотность — это представление распределения энергии в зависимости от частоты. Фоновый шум с постоянным значением функции плотности спектра для всех частот называется белым шумом.

Функция взаимной корреляции, или *интеркорреляции*, используется для сравнения двух случайных процессов

$$\gamma_{x \cdot y}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) y(t+\tau) dt.$$

Ею измеряется статистическая связь между двумя функциями $x_{(t)}$ и $y_{(t)}$. Это выражение предполагает наличие канала передачи или фильтра, соединяющего x и y . Функцию переноса этого фильтра можно определить как $H_{(r)}$.

Показано, что если $x_{(t)}$ и $y_{(t)}$ — случайные функции, то функцию переноса можно выразить отношением

$$H(r) = \frac{P_{x \cdot y}(r)}{P_{x \cdot x}(r)},$$

где $P_{x \cdot y}$ означает Фурье-преобразование функции взаимной корреляции $x \cdot y$, а $P_{x \cdot x}$ — Фурье-преобразование функции автокорреляции x .

Преобразование Фурье этой функции взаимной корреляции представляет собой *взаимную функцию плотности спектра*. Эти последние функции позволяют, например, показать, что кривая $y_{(t)}$, полученная с одного электрода, соответствует в среднем кривой $x_{(t)}$, полученной с другого электрода, с запаздыванием, вызванным передачей. Изучение взаимной функции спектральной плотности дает сведения о преимущественных частотах, на которых осуществляется это соответствие. Можно вычислить также функцию передачи $H_{(r)}$, являющуюся параметром фильтра, эквивалентного церебральной ткани, разделяющей два электрода.

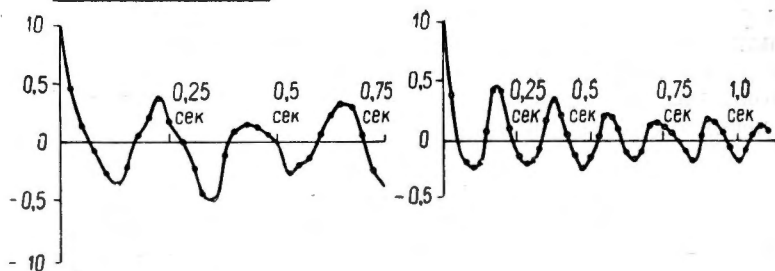
Эти математические методы открывают широкие перспективы для анализа таких сложных явлений, как электроэнцефалограмма и электромиограмма. Они позволяют также по-новому охарактеризовать типы временной эволюции некоторых физиологических параметров (рис. 9). Нельзя, однако, недооценивать ограниченности гипотез, которые можно предложить с помощью этих методов, особенно в отношении устойчивости кривой. Однако постоянство изучаемых явлений может быть обеспечено большей частью только на короткие периоды времени, что предполагает ограниченное время вычисления. Отсюда необходимость прибегать к оценке допущенных ошибок измерения, что ставит перед нами как теоретически, так и практически еще плохо изученные проблемы.

в) *Выделение замаскированных сигналов в случайном явлении*. Некоторые методы, разработанные в теории связи, предлагают различные способы обнаружения отдельных явлений, скрытых в сложном фоновом шуме.

Два вида этих методов можно с успехом использовать в целях обнаружения физиологических сигналов, скрытых внутри сложного явления и недоступных поэтому непосредственному изучению.

а) *Распознавание типа (pattern recognition)* применяется при обнаружении в случайном фоновом шуме скрытого сигнала,

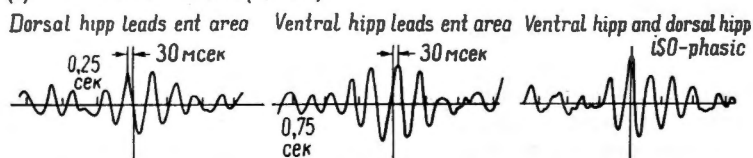
А) Автокорреляция



Б) Интеркорреляция

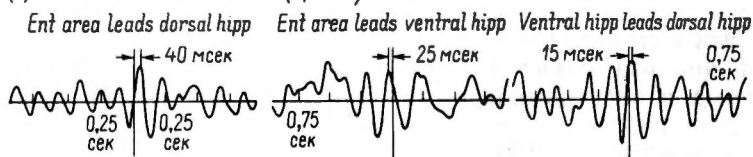
А ОПЫТ 25 - 19 ноября 59г

(1) ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ (проба 8)



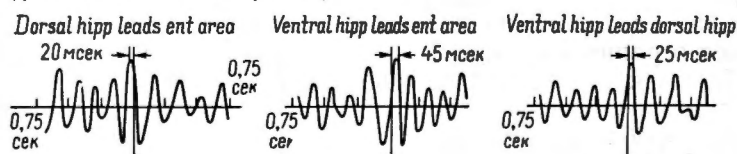
(В правильных пробах 3 и 7 паттерны фазы аналогичны)

(2) НЕПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ (проба 1)



Б ОПЫТ 28 - 26 ноября 59г

(1) ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ (проба 8)



(В правильных ответах 12 и 14 паттерны фазы аналогичны)

(2) НЕПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ (проба 9)

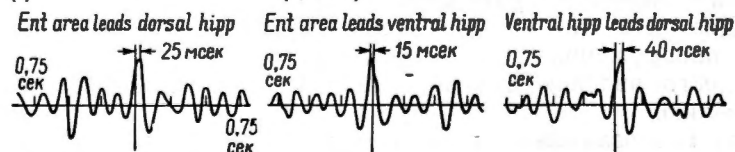


Рис. 9. Вверху: Автокорреляционный анализ кривой, полученной с помощью электродов, вживленных в область гиппокампа кошки в период ожидания, предшествующий предъявлению стимулов (левая кривая), и в период раз-

форма и длительность которого известны заранее. С помощью так называемого метода «согласованных фильтров» удастся, например, автоматически опознавать на электрофизиологической кривой какого-либо явления характерные для него сигналы (например, патологические). Мы находим интересные применения этого метода в медицинской диагностике (Толль, 1964).

б) *Изучение вызванных ответов* касается систем, характеризующихся чисто случайной деятельностью, которую соотносят с набором стимулов, причем ответ на каждый из них выражается в виде вполне воспроизводимых сигналов, амплитуда которых, впрочем, настолько мала, что их невозможно опознать. Принцип метода выделения чрезвычайно прост, поскольку он заключается в нахождении среднего арифметического значения амплитуд ответов начиная с момента предъявления каждого стимула, так что совпадающие по фазе сигналы ответа складываются, в то время как случайные компоненты фонового шума имеют прогрессирующую тенденцию к нулевому среднему значению. Действительно, подсчитано, что отношение амплитуды искомого сигнала к амплитуде фонового шума растет как $\sqrt{N}$, где N — число стимулов. Этот метод в настоящее время пользуется большим успехом в электрофизиологии для обнаружения вызванных потенциалов (рис. 10).

Точность анализа на практике все-таки подвержена влиянию различных факторов, таких, как нестабильность обнаруженного сигнала (что бывает часто) или независимость составляющих фонового шума (если период стимуляции слишком короткий).

Можно рекомендовать определение для каждой точки средней величины, характеризующей форму обнаруженного сигнала, пределы достоверности его латентного периода и амплитуды (что до сих пор делается очень редко).

личения, начавшийся в момент предъявления стимула (правая кривая). В результате анализа удалось выявить неправильный ритм с доминирующей частотой 4 гц в период ожидания и правильный ритм с доминирующей частотой 6 гц в период различения.

Внизу: Интеркорреляционный анализ (анализ взаимных корреляций) кривых, полученных с помощью электродов, вживленных в различные области обонятельного мозга: дорсальный гиппокамп (dorsal hipp); вентральный гиппокамп (ventral hipp) и энторинальную зону (ent. area) в ходе опыта по научению кошки дифференцировке. Анализ позволяет определить направление и величину сдвига фаз кривых, полученных от разных отведений. Наблюдается полная инверсия направления сдвига фаз в зависимости от правильности (1 и 3 строки) и неправильности (2 и 4 строки) реакций животного. Необходимо отметить стабильность результатов для различных групп ответов, наблюдавшихся в течение двух экспериментов, проводившихся с 7-дневным перерывом (по Эйди и сотр., 1961).

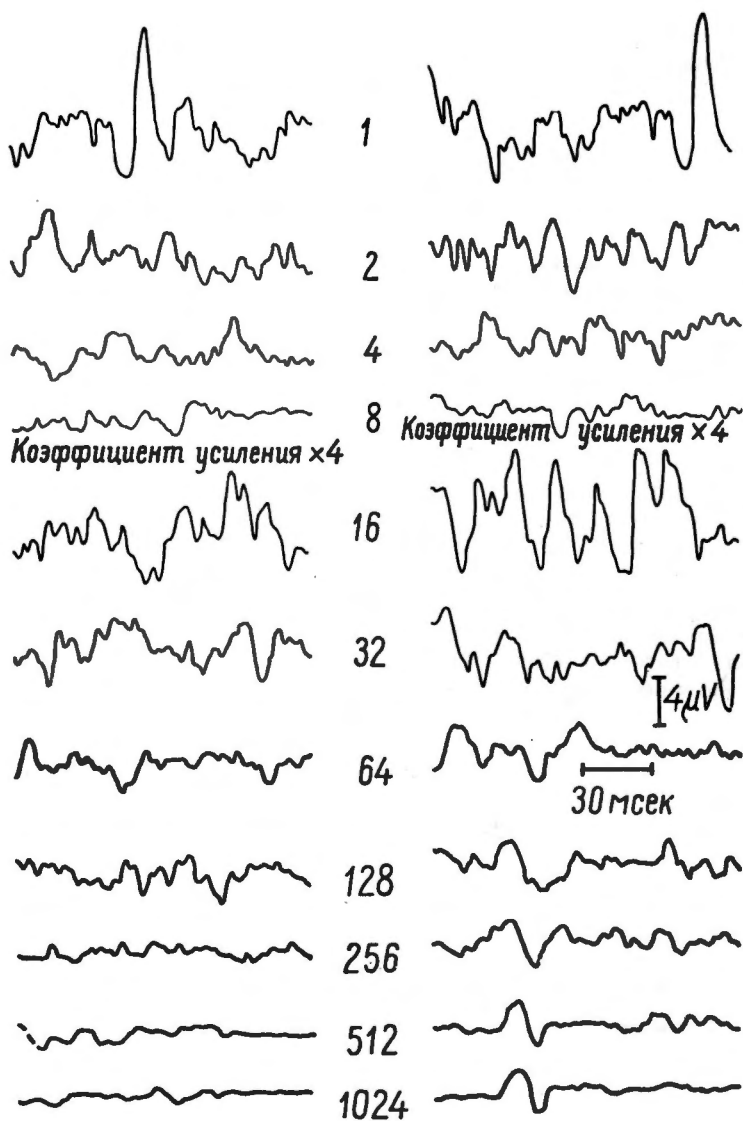


Рис. 10. Обнаружение сигнала, скрытого в фоновом шуме электроэнцефалограммы.

Серия звуковых сигналов предъявлялась с частотой 5 в секунду. Ответы регистрировались на уровне височных отделов коры. Результаты последова-

§ 2. Средства обработки

Современную эпоху характеризует удивительно быстрое развитие технологии изготовления вычислительных машин. В большинстве областей науки это открывает новые и представляющие значительный интерес перспективы. Вычислительные машины позволяют, в частности, применять методы математического анализа при обработке сложной информации, для чего обычно требуется столь большое количество вычислительных операций, что это ранее могло бы показаться утопией.

А. Вычислительные средства

Применение электронных вычислительных устройств в биологии только начинается. Размеры и себестоимость этих машин на первый взгляд не благоприятствовали широкому использованию их в лаборатории. Однако недавнее внедрение методов автоматической обработки физиологических параметров в медицинских клиниках предвещает, как это имело место в случае электрофизиологической и, в частности, электроэнцефалографической аппаратуры, открытие таких возможностей, которыми не замедлят воспользоваться экспериментаторы. Вычислительная техника развивается в настоящее время в двух направлениях: с одной стороны, создание больших вычислительных машин со все возрастающим количеством и скоростью выполняемых операций и — с другой — разработка малых, более простых вычислительных машин, приспособленных для решения частных задач. Такие машины уже начинают появляться в физиологических лабораториях.

а) *Универсальные вычислительные машины.* Современные электронные вычислительные машины способны производить ко-

тельного сложения 2, 4 ..., 1024 полученных ответов представлены в правой части рисунка (сложение начиналось всякий раз в момент предъявления стимула), в левой части рисунка представлены результаты сложения, начинавшегося независимо от момента предъявления стимула. В последнем случае наблюдается постепенное уплощение кривой в результате случайного распределения положительных и отрицательных потенциалов. Напротив, на правых кривых наблюдается постепенное выявление волны, хронологически связанной со стимулом, предъявление которого служит началом вычислительных операций; латентный период равняется приблизительно 30 мсек. Продолжая увеличивать число сложений, можно улучшить отношение амплитуды обнаруженного сигнала к амплитуде фонового шума на величину, равную корню квадратному из числа сложений.

После восьмого сложения коэффициент усиления был умножен на 4, после чего амплитуде кривой соответствует калибровка в 4 м (по Гайслеру).

личественную обработку информации, содержащейся в данных двух видов: аналоговых и цифровых.

Аналоговые данные выражают изменения измеряемой величины в течение определенного времени в форме аналогового изменения электрического напряжения. Источником этого электрического напряжения, как мы видели, может быть само биологическое явление или же адекватное электрическое воспроизведение этого явления. Амплитуда напряжения, совершенно очевидно, должна соответствовать характеристикам входа вычислительной машины.

Цифровые данные предполагают числовое воспроизведение изучаемого явления и выражение переменной с помощью ряда чисел. Дискретность этих данных позволяет, как и в случае аналоговых данных, исследовать изменение во времени дискретной переменной или — в известных случаях — изменение непрерывной величины путем адекватной развертки.

Основными элементами этих машин являются воспроизводящее устройство, программирующее устройство, а также вычислительный блок и память. Еще один важный составной элемент — это дифференциальный усилитель, обеспечивающий большинство внутренних операций.

Аналоговые вычислительные устройства хорошо приспособлены к решению дифференциальных уравнений и осуществлению таких простейших операций, как сложение, умножение, интегрирование, дифференцирование, путем непосредственной обработки элементарных функций синусоидального и экспоненциального типа, которые можно разложить на простые функции и подвергнуть, таким образом, различным видам обработки. Они предназначены для решения задач того типа, который был рассмотрен при анализе сложных форм волны.

Возможности *цифровой вычислительной машины* необычайно велики, и, хотя она находится в менее выгодном положении по сравнению с аналоговыми вычислительными машинами в отношении некоторых операций, ибо ей приходится иметь дело с гораздо большим количеством основных данных и вследствие этого иметь больший объем памяти, она является практически универсальной в своем применении.

Практические трудности, ограничивающие возможности широкого использования этих машин, заключаются в их высокой себестоимости, необходимости программирования и перевода данных на язык, понятный машине. Объем их памяти все еще ограничивает скорость и число операций, которые они могут производить. Обработка данных может производиться только в условиях, называемых *off line*, когда вычислительные операции отдаляются на более или менее продолжительное время от момента сбора данных, что часто может представлять основное неудобство для физиологических экспериментов и их приме-

ния в медицине. Производились также попытки создания менее универсальных и дорогих устройств, способных работать в условиях, называемых *on line*, позволяющих осуществлять вычислительные операции непосредственно во время опыта (в режиме реального времени).

б) *Специализированные вычислительные машины*. Обработка физиологических данных часто трудна из-за малой гибкости больших вычислительных машин. Поэтому возникла необходимость создания аппаратуры, несомненно менее мощной, но в известном смысле более доступной человеку, легко управляемой и контролируемой самим экспериментатором на всех стадиях работы. Возможность начинать, останавливать, повторять определенный тип обработки по ходу эксперимента и в зависимости от эволюции изучаемого явления привносит в эмпирический и во всех отношениях еще слишком интуитивный физиологический поиск свободу действия и маневра, без которых он не может быть эффективным.

Только что появилось несколько новых лабораторных электронно-вычислительных машин. Прототипом их послужил разработанный в США в Кембридже лабораторный электронно-вычислительный инструмент LINC¹. Другие приборы, преимущественно коммерческого характера, находящие все более широкое применение — «Мнемотрон», «Энханцетрон» в США; многоканальный селектор ART1000, разработанный Обществом по вопросам промышленного применения физики (SAIP, Франция), — призваны решать приблизительно те же задачи.

Все эти приборы построены по одинаковому принципу: они имеют набор каналов (1024 в случае «Мнемотрона»), снабжены магнитной памятью на ферритовых тороидальных сердечниках, способны собирать и хранить получаемую информацию, которая предварительно подвергается цифровому преобразованию (способность производить вычисления со скоростью от 65 000 до 1 000 000 операций в секунду) и представляет собой, таким образом, класс явлений, которые можно задавать, обрабатывать и комбинировать самыми разными способами. Они включают обычно аналого-цифровые преобразующие устройства, необходимые для анализа данных аналогового типа. Прибор располагает, разумеется, электронно-вычислительными устройствами, способными осуществлять арифметические операции сложения и вычитания. Он располагает распределителем адресов, обеспечивающим поступление обрабатываемой информации по различным каналам накопления и выделения ее для возможной обработки.

¹ Laboratory Instrument Computer.

Визуальный осциллографический прибор, отражающий содержание памяти различных каналов, позволяет контролировать состояние системы в любой момент. Визуальный контроль осуществляется по формам кривых, абсциссы которых всегда являются характеристиками состояния исследовательской программы канала и выражают в каждом конкретном случае либо время, либо значение временного интервала, либо порядковый номер сигнала синхронизации, либо ряд событий и т. д. Ординаты этих кривых являются наглядным отражением содержания каналов; они могут представлять, например, статистическую частоту, амплитуду, время, плотность событий и т. д.

Разумеется, в зависимости от природы требуемой обработки данных, операции определяются различными модификациями программы, организующими последовательность внутренних вычислительных операций.

Составляющие элементы этих машин — печатная схема, функциональные модули — малогабаритные (эти приборы занимают не больше места, чем осциллоскоп обычного размера); взаимозаменяемость их значительно упрощает процедуру профилактики и дает возможность более разнообразного применения машины.

Хотя возможности этих приборов очень широки, используются они еще крайне недостаточно. Автоматические линии гистограмм распределения или классификации событий в зависимости от их пространственных или временных характеристик составляют одну из самых разработанных областей применения в настоящий момент.

Наиболее наглядный успех они имели в области выделения периодического сигнала из случайного фоновых шума. Выявление сигналов из фонового шума, являющегося результатом электрической активности коры головного мозга, с очевидностью доказало совершенство этих приборов. Возможность сопоставлять во времени искомый сигнал со стимулом, контролируемым экспериментатором, представляет с этой точки зрения идеальную ситуацию. Поэтому заметно все более широкое использование их для выделения вызванных потенциалов, особенно на электроэнцефалограммах человека; применяются они и для синхронного выявления потенциалов действия нерва, зарегистрированных с помощью внешних электродов (через кожу).

На эти приборы легко можно возложить более сложные оперативные функции и осуществлять с их помощью автоматическое вычисление функций распределения, плотности, вероятностей и все операции, связанные со спектральным анализом.

Понятен энтузиазм исследователей в связи с возможностями этих новых приборов. В настоящее время наблюдается быстрое увеличение их количества в нейрофизиологических лаборато-

риях. Поэтому ученые уже располагают значительным и многообещающим объемом фактов в этой новой области исследований [Кацман, 1964].

Б. Математические модели

Пытаясь связать физиологические показатели с проявлениями поведения, психолог совершенно естественно вынужден прибегать к математическим моделям, эффективность которых в области психологических показателей уже была проверена. Методы параметрического многомерного анализа оказались в достаточной степени применимыми для обработки сложных физиологических ответов. Они позволяют оценить природу и силу связей, существующих между таким-то и таким-то параметром в такой-то экспериментальной ситуации, и в настоящее время представляют собой незаменимый инструмент исследования, поднимая вместе с тем важные метрологические проблемы, к рассмотрению которых мы еще вернемся.

Однако если дискретный характер переменных оказывается доминирующей характеристикой объектов, подвергаемых измерению в психологии, то особенность большинства физиологических параметров, напротив, состоит в том, что их можно представить в виде непрерывных переменных. Но несомненно, можно выделить некоторые существенные значения физиологических переменных, которые можно обрабатывать затем как дискретные величины.

Мы говорили также о плодотворности некоторых вероятностных математических моделей, таких, как случайные стационарные процессы, с помощью которых можно анализировать сложную временную эволюцию отдельных параметров (например, ЭЭГ). Спектральный анализ, несмотря на его ограниченность (приближенность значений и, безусловно, обеднение описываемого с его помощью объекта), открывает, как нам кажется, новые значительные возможности для исследования параметрических связей и формализации функциональных структур. Его применение распространяется, видимо, и на исследование временной эволюции дискретных психологических и физиологических параметров в переменной шкале времени. Изучение ритмов биологической активности, флуктуаций бодрствования и внимания, одним словом вариативности явлений во времени, осуществляется такой моделью, которая выходит за рамки традиционных математических методов.

Быстрые темпы развития современной прикладной математики позволяют надеяться на прогресс нашей науки. Как это часто подчеркивалось, полная беспомощность традиционного математического аппарата в биологии проистекает из ограничения его возможностей обработкой аддитивных (или линейных)

функций. Поэтому развитие новых методов обработки, смело вторгающихся в область нелинейности, позволяет нам надеяться на появление новых моделей, лучше приспособленных к объектам, которые мы исследуем.

Смежные науки, такие, как социальная психология или эконометрия, также стимулируют, каждая в своей области, интерес математиков к изучению непараметрических методов и развитие методов нечислового расчета (аналоговые вычислительные устройства). Интерес, вызванный созданием новых алгоритмов, более соответствующих, чем традиционные математические алгоритмы, описанию различных фактов физического мира, незаменимой моделью которых те до сих пор практически являлись, представляется нам с этой точки зрения многообещающим. Параллельная эволюция технологии изготовления обрабатывающих машин создает, без сомнения, ценную точку опоры для мощного и быстрого подъема прикладной математики, чем не замедлит воспользоваться наша наука.

§ 3. Выводы

Недавнее введение методов числового преобразования данных и автоматической обработки информации открывает новые возможности, представляющие значительный интерес. Возможности применения аппаратуры для цифровой обработки в физиологических лабораториях ограничиваются все еще относительно высокой стоимостью этой аппаратуры по сравнению с обычным электронным оборудованием. Однако быстрое развитие спроса и появление специализированных вычислительных машин способствуют тому, что эта аппаратура становится более доступной и эффективной. Изготовление во все более широком масштабе малогабаритных модульных блоков приводит к уменьшению размеров этих устройств, применение которых становится столь же простым, как и пользование обыкновенным осциллоскопом.

Быстрый технический прогресс позволяет надеяться также на ощутимое увеличение скорости вычислений и емкости памяти, на гибкость легко взаимозаменяемых функций и большую надежность оборудования. Можно ожидать, что в сравнительно короткие сроки цифровые вычислительные устройства станут незаменимыми помощниками как биолога, так и физиолога (см. Гоше и сотр., 1965) и столь же привычным предметом лабораторного оборудования, как осциллоскоп или обычная электровычислительная машина в настоящее время.

Эти новые рабочие инструменты, вне всякого сомнения, приведут к созданию новых математических обрабатывающих устройств, способных формализовать сложную систему зависи-

мости переменных величин, столь характерную как для психофизиологии, так и для психологии.

Независимо от того, будут ли новые решения результатом дальнейшего развития числовых устройств, логических алгоритмов или других еще не известных нам математических моделей, колоссальное развитие техники, которым отмечена наша эпоха, предвещает коренное преобразование наших методов работы и мышления. Поэтому возникает настоятельная необходимость решения методологических вопросов психофизиологии.

IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Эта глава касается широко известной области экспериментальной психологии, и поэтому мы не пытаемся, хотя бы и в самых общих чертах, напомнить здесь о многочисленных попытках, предпринятых в различных областях исследований с целью связать явления поведения с органическими явлениями, которыми они сопровождаются или детерминируются. Мы ограничимся несколькими примерами, которые помогут нам поставить вопросы о мотивах, заставлявших и заставляющих психологов обращаться к физиологическим показателям, о правомерности выбора той или иной переменной величины или того или иного способа обработки и, наконец, о действительной плодотворности такого подхода и о перспективах его развития.

§ 1. Привлечение физиологических показателей

Как мы уже отмечали, именно *забота об объективности* заставляет психолога прибегнуть к использованию физиологических показателей. Зарегистрированное явление представляет собой первый этап формализации изучаемого объекта и, следовательно, способствует его научной обработке. Применение физиологической аппаратуры в психологической лаборатории имело целью выделить поддающиеся количественному измерению органические параметры, с помощью которых можно осуществить объективное воспроизведение субъективных психологических явлений. Когда Моссо с помощью капсулы Маррея записывает мозговой пульс у трепанированного пациента и наблюдает изменения частоты и амплитуды этого параметра в процессе психической деятельности, он, бесспорно, объективирует скрытую физиологическую реакцию, свидетельствующую об этой деятельности. Точно так же, когда Ферре (1888), используя первые наблюдения за изменениями электрического сопротивления кожи (Вигуру, 1879), устанавливает связь между эмоциональным

состоянием испытуемого и измеряемым параметром, он объективирует органическое изменение, сопровождающее субъективное явление, и открывает новый путь исследований, по которому прошло с тех пор так много психологов-экспериментаторов. Объективировать субъективное представлялось тогда для психологии состояний сознания единственной методологической возможностью превращения в научную дисциплину. Гипотезы психофизиологического параллелизма подтверждали в этом смысле законность исследования органических коррелятов субъективного опыта.

Когда научная психология отваживается на то, чтобы пренебречь данными сознания и углубиться в анализ объективных проявлений поведения, она прежде всего исключает органические данные из сферы своего исследования. Однако использование физиологических показателей находит вскоре новое оправдание: бихевиористский подход, стремящийся к *объективному описанию поведения*, с тем чтобы из него вывести структуру и проверить ее устойчивость, приводит вполне естественно к необходимости рассмотрения доступных измерению физиологических переменных в качестве характеристик covert behavior. Поступая так, но не поступаясь идеей феноменологического описания, психолог стремится просто-напросто расширить область поведенческих проявлений и увеличить возможности своего анализа.

Когда же объективная психология снова осторожно ввела в форме «промежуточных переменных» некоторые реальности умственной деятельности, выводимые из объективного анализа поведения, физиологическим показателям была приписана еще и *описательная функция*.

Физиологический показатель, таким образом, оказывается в этом плане элементом характеристики, категоризации и предсказания психологических явлений.

Но интерес, который проявляет психолог к физиологическим данным, имеет в основе своей и более глубокую цель: если не реальное, то, во всяком случае, логическое, *сведение психологических явлений к органической основе*, что является еще одним фундаментальным постулатом современного исследования. Эта возможность побуждает психолога выйти за рамки феноменологии, чтобы искать «механистическое» объяснение наблюдаемым проявлениям, и заставляет его тем самым рассматривать физиологический показатель уже не как простой элемент описания этого проявления, но как выражение органического процесса, с помощью которого можно объяснить механизм этого проявления.

Наш перечень мотивов, побуждающих психолога обращаться к физиологическим показателям, не будет полным, если мы не упомянем наконец о довольно существенном влиянии, которое

оказывала и, возможно, еще оказывает на экспериментаторов магия аппаратуры. Магическая вера в возможности машин, не исчезнувшая и по сей день, явилась, без сомнения, мощным толчком для обращения к физиологическим показателям и обнаруживающим их устройствам. Социальная переоценка этого фактора часто приводила к чрезмерному и иногда неуместному использованию их, не приносящему реальной пользы для развития наших знаний. Она также неизбежно приводила во все времена к неправильному пониманию обывателем возможностей их использования: детекторы лжи или машины, читающие мысли, быстро пополнили список мифических машин, определяющих будущее, толкующих сны или измеряющих психическую энергию. Несомненно, с таким положением вещей следует покончить, но нельзя и преуменьшать ту роль, которую еще может играть этот фактор в бессознательной мотивации современного экспериментатора.

Таким образом, будем ли мы считать физиологический показатель косвенным свидетелем субъективного ощущения, элементом описания или предсказания поведенческой реакции или, наконец, выражением физиологического механизма, ответственного за поведение, очевидно то, что в психологическом эксперименте он может выполнять разнообразные функции. Выбор и адекватное использование его выдвигают на первый план методологические требования большей или меньшей степени сложности, на которых мы сейчас подробно остановимся.

§ 2. Выбор переменных величин

На выбор физиологических показателей влияют различные обстоятельства. Прежде всего этот выбор должен логически вытекать из принятого экспериментального подхода и целей, поставленных перед экспериментом. Однако очень часто выбор показателя определяется доступностью получения его с помощью аппаратуры или легкостью его обработки. Метрологические соображения также, должно быть, играют значительную роль при выборе и обработке переменных. Наконец, значение, придаваемое в рамках целей эксперимента выбранной переменной, подтверждает часто *a posteriori* правомерность и эффективность такого выбора.

А. Экспериментальный подход

Эксперимент обычно предстает в форме проверки какой-то гипотезы. Такой подход не является, однако, ни единственно законным с точки зрения экспериментального мышления, ни наиболее рентабельным в науке, аксиоматика которой остается

неразработанной, что, безусловно, относится и к психофизиологии. Поэтому мы должны относиться к выбору действий, направленных на собирание новых фактов, систематическую разработку новой области, оценку возможностей новой техники или нового прибора, как к вполне оправданной задаче, которую ставит перед собой еще только создающаяся молодая наука.

Опыт по *определению правомерности рабочей гипотезы* чаще всего оказывается в действительности труднодостижимым идеалом. Рабочая гипотеза предполагает формализацию поставленной проблемы с помощью системы аксиом или понятий, достаточно связанных между собой, чтобы объединиться в некоторую описательную или объяснительную модель совокупности наблюдаемых явлений. Этой моделью определяется выбор гипотезы и переменных в зависимости от их значения в предлагаемой модели и, наконец, интерпретация полученных результатов.

Эта процедура может быть надлежащим образом осуществлена только на основе совокупности наблюдаемых фактов, отношения между которыми настолько хорошо изучены, что могут привести к значимым перегруппировкам.

Несомненно, в некоторых областях психология настолько овладела управлением входных и выходных переменных системы поведения, что уже делает попытки создания аксиоматики, в достаточной степени разработанной, чтобы эффективно воспользоваться указанными выше приемами. Физиологические данные могут в этом случае также, как и другие переменные поведения, и в той мере, в какой они определяют значение переменной на выходе, занять подобающее место в системе аксиом, созданной для описания поведения.

Такова, например, роль, отводимая явлениям кровообращения, дыхания и потоотделения, которыми сопровождаются «эмоции» и которые, являясь объективными показателями их органического проявления, способны, следовательно, указать на присутствие, длительность или интенсивность этих эмоций. Приведение их в соответствие с другими показателями поведения, например с результатами его, открывает также путь для интра- и интериндивидуальных сравнений.

В этом же смысле можно было бы упомянуть использование показателей мышечной активности, указывающих на уровень напряжения или пространственно-временное распределение активности в связи с психологическими понятиями «усилие» или «предварительная установка». Мы еще вернемся к рассмотрению трудностей, возникающих при осуществлении подобных попыток, и того огромного значения, которое им отводится при доказательстве непригодности некоторых психологических моделей для осуществления полезных перегруппировок, а также определения новых психофизиологических параметров.

Выбранная модель может также быть чисто физиологической; психолог никогда не мог устоять перед искушением включить данные поведения в физиологические модели. Модели гомеостазиса, вегетативного тонуса, вагосимпатического равновесия, например, лежат в основе огромного множества работ. Значительный успех имела недавно сформулированная модель «ретикулярной активации». Трудности в этом случае возникают там, где их совсем не ждешь, причем всякий раз, как только мы пытаемся включить физиологический показатель, полученный на уровне интактного организма, в традиционную физиологическую модель. Несогласованность физиологических показателей в системе регуляторных взаимозависимостей, отличающих осуществление физиологических функций целостного организма, представляется тогда необъяснимой. Очень легко забывают, что четкость физиологической аксиоматики чаще всего достигается лишь ценой нейтрализации или искусственной изоляции (операционной или химической) изучаемых переменных и почти всегда ценой нарушения функционального единства, свойственного целостному организму. Эта четкость исчезает, как только мы пытаемся распространить эти результаты на общую активность организма с учетом его внутреннего единства и равновесия, которое он устанавливает с внешней средой. Приходится признать, что аксиоматика психофизиологической регуляции остается невероятно слабо разработанной, несмотря на иллюзию точности и единства, которая поддерживается традиционным физиологическим подходом на уровне изолированных функций или элементарных процессов.

Мы видим в этом одну из главных трудностей, которые встречаются при сопоставлении психологических и психофизиологических аксиоматик, трудностей, которые, конечно, до сих пор ограничивают значение и плодотворность физиологических моделей для анализа данных поведения. Нам еще представится случай вернуться к этому вопросу.

Действительно ли непреодолимы в настоящее время эти трудности и оправдываются ли ими *wild cat exploring*¹, о которых говорил Р.-К. Дэвис, строго и трезво подводя в 1950 г. итог полувеку психофизиологии? Во всяком случае, они стимулируют систематическое и продуманное исследование новых фактов и новых понятий, позволяющих более ясно описать физиологические реакции интактного организма. Поэтому даже независимо от всякой предварительной теории опыт, накопленный в экспериментальных исследованиях, продолжает сохранять свою ценность для психофизиологии. Накопление новых

¹ Рискованные, вызванные отчаянием исследования (англ.). — Прим. перев.

фактов, относящихся к еще не изученным областям, остается основной целью молодой, только еще создающейся науки.

Мы полагаем также, что значение *опыта практического применения* совершенно незаслуженно подвергается сомнению. Открытую область необходимо занять и разработать. Поиски условий возникновения явления путем систематической обработки переменных величин, изучение законов количественных изменений измеряемых параметров могут приобрести исключительное значение. Вопрос «Что вы пытаетесь открыть или доказать?» не всегда уместен по отношению к экспериментатору. Эксперимент не обязательно должен что-то доказать, он может просто уточнить явление и его детерминанты в целях лучшего его контролирования и предвидения.

Наконец, мы верим в полезность экспериментов, предназначенных для *выяснения возможностей новых приборов*. В эпоху быстрого технического прогресса, которую мы переживаем в настоящее время, не следует удивляться постоянному увеличению их числа. Математика, физика, химия предлагают экспериментатору новые средства исследования, значение и возможности которых в биологии еще совсем не изучены. Дело теперь не в том, чтобы подобрать аппаратуру, пригодную для проведения эксперимента, призванного подтвердить гипотезу, а в том, чтобы отыскать проблемы, которые можно решить с помощью этой новой техники. Такой оппортунистический подход, далеко не ортодоксальный и мало экономичный с точки зрения стратегии исследования, дал тем не менее достаточное количество доказательств своей плодотворности, чтобы мы могли пренебречь его возможностями, разумеется при разумном его использовании.

Б. Доступность приборов и легкость обработки

Приходится допустить, что на практике интерес, проявляемый экспериментаторами к тому или иному физиологическому показателю, еще очень часто зависит от тех средств, которыми он располагает для его регистрации, от легкости его интерпретации, от возможности его дальнейшей обработки и, конечно, от технических помех, которые могут возникнуть в аппаратуре. Мы видели, что прогресс современной технологии способствует все большему снижению значения этих факторов.

Тем не менее исторически выбор физиологических показателей в психологическом эксперименте определялся легкостью работы с аппаратурой в гораздо большей степени, чем теоретическими обоснованиями. Заимствование манометрических капсул у физиологов привело к тому, что первые опыты психофизиологического типа были связаны с регистрацией пульса или дыхательных движений. Значащее изменение частоты пуль-

са или ритма дыхания по мере изменения эмоционального состояния внесло в изучение психологических состояний возможность измерения и объективности, породив большие надежды. Известно также, что исследование животного магнетизма привело Вигуру (1879) к измерению сопротивления кожи прохождению электрического тока. Этой методикой с успехом воспользовался, как известно, Фере (1888) и с ее помощью систематизировал впервые связи между сенсорными ощущениями и эмоциями, с одной стороны, и колебаниями кожного сопротивления — с другой. Это открытие дало физиологам один из наиболее чувствительных и, по всей вероятности, наиболее часто использовавшихся вплоть до наших дней физиологических индикаторов, который известен под названием психогальванического рефлекса, а в наше время — под названием электрокожного ответа [Блок, 1965].

Упомянем также использование отдельных методов, заимствованных из неврологической клиники, таких, как исследование сухожильных рефлексов, которые издавна служили в качестве показателей мышечного напряжения. Латентный период, амплитуда и форма этих рефлексов в связи с различными поведенческими проявлениями изучались, в частности, Доджем (1910) и Пьероном (1910).

Напомним еще о широком распространении методов хронаксии после опубликования работ Лапика (1943), посвященных возбудимости нервной системы. Применение этих методов к человеку имело то достоинство, что оно опиралось на относительно точное знание механизмов, лежащих в их основе, и соблазнительно связную (возможно, даже слишком) теоретическую концепцию функционирования «нервного механизма».

Затем последовали подъем электрофизиологии и поразительное развитие методов получения новых показателей, открывшие широкие возможности, о которых мы говорили в первой части этой главы. Появление многоканальных регистрирующих устройств, используемых в клинической электроэнцефалографии способствовало очень быстрому созданию разнообразных средств, позволяющих осуществлять одновременную запись различных физиологических показателей (Дарроу, 1950).

Наконец, в наше время стало возможным изучать человека, не прибегая к травмирующим вмешательствам, с помощью таких явлений, как потенциалы действия нервов или вызванные корковые потенциалы, которые до сих пор относились исключительно к области оперативной животной нейрофизиологии.

В то же время по мере непрерывного увеличения числа, значения и точности физиологических показателей, которые удается получить в интактном организме, современная техника, как мы видели, предлагает способы цифрового воспроизведения

и обработки данных, которые меняют условия психологического эксперимента, открывая перед ним такие горизонты, о которых мы не могли и подозревать.

В. Вопросы метрологии

Если у нас есть все основания опасаться того, что головокружительные успехи технологии в наше время приведут к тому, что ученые начнут пренебрегать гипотетико-дедуктивной организацией опыта ради слепых и зачастую теоретически необоснованных поисков, то в еще большей степени следует бояться отсутствия или запаздывания серьезных методологических размышлений, без которых невозможно обеспечить дальнейший прогресс нашей науки.

Очень быстро забывают о том, что одной точности и строгости измерений, осуществляемых на физиологических объектах, недостаточно для того, чтобы освободить нас от решения метрологических проблем, которые по-прежнему очень важны, хотя ими и пренебрегают на практике.

Какое значение мы должны придавать измерению какого-нибудь физиологического параметра и его изменениям в системе, к которой они принадлежат? Можно ли считать эту меру абсолютной величиной или относительной? Линейны ли законы качественного изменения их? Соизмерима ли эта мера с изменениями другого параметра, принадлежащего той же системе или другой? Дает ли она право сравнивать результаты, полученные на одном и том же испытуемом в различных экспериментальных условиях? Какое основание дает она для осуществления межиндивидуальных сравнений?

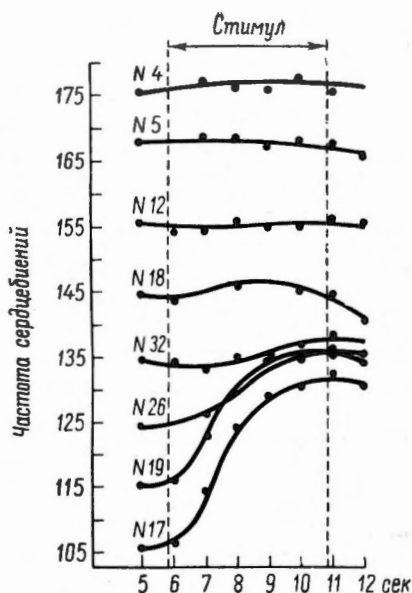
а) *Эталонный уровень и закон начального значения Уайлдера.* Применение физиологических переменных, несомненно, сразу же поставило вопрос об определении эталонного уровня, служащего основой количественных оценок колебаний параметров в результате контролируемого изменения экспериментальных условий.

Такой принцип образования шкалы оценок на первый взгляд кажется удовлетворительным, поскольку позволяет сравнивать с ее помощью изменения того или иного показателя у одного или разных индивидов, исключая при этом различия, которые могут возникнуть при переходе одного и того же испытуемого из одной ситуации в другую или при переходе от одного испытуемого к другому при определении его исходного уровня.

Такая процедура широко применяется в физиологических экспериментах, и, вне всякого сомнения, тот факт, что эта важная методическая проблема так долго игнорировалась, следует отнести за счет того, что основное внимание было направлено на изучение дыхательных и сердечных показателей, Индивиду-

Рис. 11. Иллюстрация действия закона начального значения при измерении частоты работы сердца.

Кривые выражают эволюцию частоты работы сердца как функции времени; они позволяют, в частности, оценить величину, полученную в период предъявления стимула, относительно начального уровня предстимуляции (пятая секунда). Все эти кривые были получены на одном новорожденном за 4 различных опыта. Стимулом служила струя холодного кислорода, направленная в область пупка. Ребенок был свободен в своих движениях. Отметим, в частности, что увеличение частоты работы сердца тем больше, чем ниже начальный уровень предстимуляции. (По Липтону и сотр., 1960).



альные значения исходных уровней внутри гомогенной группы испытуемых редко превышали более чем на 200% среднее значение исходного уровня.

Только измерение кожного сопротивления и так называемых психогальванических реакций в психологии заставило снова вспомнить о существовании метрологических проблем, важность которых вскоре стала очевидной для всех. Действительно, внутри группы нормальных испытуемых различие исходных уровней кожного сопротивления может достигать 1000%. Такой широкий диапазон изменения эталонных уровней привел к необходимости констатировать, что мгновенные колебания кожного сопротивления тем больше по абсолютному значению, чем выше исходный уровень сопротивления. Отсюда очевидная нелинейность шкал измерения, основанных на простой разности между вызванным изменением показателя и уровнем, соответствующим предварительной стимуляции (престимуляции), принятым в качестве эталона.

Первыми систематическими исследованиями в этой области и формулировкой общего закона, называемого законом начального значения, который утверждает, что чем выше уровень исходной активности физиологической системы, тем меньше относительное изменение этого уровня при воздействии стимулов той же интенсивности (см. рис. 11), мы обязаны Уайлдеру (1957).

Тогда же было предложено пользоваться впредь не алгебраической разностью измерений, а их отношением. Однако фундаментальные методологические принципы применения закона начального значения в психофизиологических экспериментах были впервые четко сформулированы Лэси (1956), который предложил общий способ разрешения этих трудностей с помощью соответствующей статистической обработки результатов.

Он с полным основанием подчеркивает, что алгебраическое или процентное исчисление изменений физиологических показателей не учитывает регулирующую гомеостатическую тенденцию, свойственную большинству физиологических систем, которые снабжены стабилизирующими устройствами, автоматически вступающими в действие, чтобы противостоять нарушению их режима функционирования. Что касается, в частности, вегетативных реакций, то Лэси приходит к выводу: «Полученный ответ есть одновременно функция важности реакции изучаемой системы и скорости и силы индуцированных компенсаторных реакций, которые стремятся ограничить эффект исходного возмущения».

Итак, высокий уровень исходной активности сопровождается, по-видимому, более быстрой мобилизацией стабилизирующей ретроактивности. Такое объяснение не может быть, в сущности, вполне удовлетворительным, как мы дальше увидим, но оно хорошо тем, что привлекает внимание к методологической проблеме, имеющей большое значение для психофизиологических экспериментов.

б) *Модель линейной регрессии Лэси.* Использование физиологических параметров предполагает выражение измеряемых величин в метрической шкале, что позволяет сравнивать измерения внутри одной и той же системы при различных режимах ее функционирования, сравнивать количественные изменения внутри различных систем одного организма и, наконец, в рамках дифференциального подхода сравнивать ответы, полученные у разных испытуемых.

Основываясь на элементарных статистических представлениях, использующих модель регрессии, Лэси (1956) предложил, как ему казалось, общее решение проблем, связанных с измерением внутри вегетативной системы. Вкратце оно сводится к следующему.

Если x есть значение параметра на уровне предстимуляции, а y — его значение, выражающее ответ системы на данный стимул, то особый интерес представляет рассмотрение корреляции типа продукт — момент $\cdot r_{xy} \cdot r_{xy}$ является фактически углом наклона прямой регрессии и выражает тенденцию ответа x согласовываться с y , когда они выражены в одних единицах, которые Лэси предлагает избрать в качестве стандартного отклонения. Эта прямая регрессии есть, как мы знаем, геометрическое

место ожидаемых средних ответов для данного начального значения. Если для определенных значений x можно определить значение y , которое ему соответствует на графике, то можно вычислить и $y'_z = r_{x \cdot y}(x_z)$. Индекс z показывает, что x и y в таком случае выражаются в виде величины стандартного отклонения относительно среднего ответа x и y . $y'_{(z)}$ есть, таким образом, экстраполированное значение, выраженное в единицах стандартного отклонения; $x_{(z)}$ также выражается в единицах стандартного отклонения. Заметим, с другой стороны, что разброс вокруг линии регрессии может быть выражен непосредственно в терминах корреляции. Вариативность можно выразить с помощью формулы:

$$1 - r_{x(z) \cdot y(z)}^2$$

Отсюда следует общее решение.

Если имеется группа испытуемых, характеризуемых различными значениями x и y , то мы можем вычислить для этой группы $x_{(z)}$ и $y_{(z)}$. Предположим, что существует подгруппа i , имеющая тот же уровень предстимуляции $x_{(zi)}$; тогда индивидам этой группы при определенном стимуле будут соответствовать ответы $y_1, y_2 \dots y_i$. Таким образом, можно предложить новую частоту распределения, характеризующую эту подгруппу. Наилучшим выражением среднего значения этой подгруппы является $y'_{(zi)} = x_{(zi)} \cdot r_{xy}$. Разность между значением $y_{(z)}$ и $y_{(zi)}$ представляет тогда отклонение испытуемого от подгруппы i . Такая процедура позволяет, таким образом, производить межиндивидуальные сравнения.

Можно дополнить эту процедуру еще одним приемом, который дает возможность сравнивать физиологические переменные по испытуемым, с одной стороны, и по ситуации — с другой. Действительно, так же, как мы получали y' для каждого значения x , мы можем определить и стандартные отклонения для каждого x_i . Это ошибка оценки, которая при благоприятных статистических условиях может быть выражена формулой $\sqrt{1 - r_{xy}^2}$ для всей подгруппы x_i и для выражения значений в форме стандартного отклонения.

Разделив полученную ранее разность на это стандартное отклонение, получаем статистическое выражение степени реактивности:

$$\frac{y_z - x_{(zi)} \cdot r_{xy}}{\sqrt{1 - r_{xy}^2}}.$$

Если это отношение равно нулю, это означает, что ответ испытуемого на предварительный стимул данной величины имеет как раз ту величину, которая и предполагалась для

испытуемых, имеющих то же значение x_i . Если это отношение равно $+1$, то человек обладает повышенной реактивностью. Величина y — это стандартное отклонение от среднего значения для испытуемых, имеющих один и тот же исходный уровень. Если результат равен, например, $-0,80$, то испытуемый обладает пониженной реактивностью. Лэси показал также, как можно устранить отрицательные значения, произвольно приняв в качестве средней величины распределения число 50, а в качестве стандартного отклонения — число 10. Предложенная им конечная формула была в таком случае следующей:

$$50 + 10 \frac{y_{(z)} - x_{(zi)} \cdot r_{xy}}{\sqrt{1 - r_{xy}^2}}.$$

Если нас интересуют индивидуальные значения, необходимо, очевидно, решить уравнения для каждого отдельного случая. Для группы испытуемых процедура вычисления будет идентична той, которая применяется при анализе ковариантности.

Безусловно, выбор y является особой задачей. Результат измерения может быть выражен либо процентным отношением $(y-x)/x$, либо просто в форме алгебраического изменения $y-x$, где y есть уровень, достигаемый в исследуемой ситуации, а x — уровень ответа на предварительный стимул.

Фактически такая процедура обработки имеет некоторые ограничения; в частности, она предполагает линейность рассматриваемой корреляции и нормальный характер распределения. Для того чтобы использовать $1-r_{xy}^2$ в качестве единообразного показателя стандартного отклонения рядов частотного распределения, функция должна обладать свойством гомоскедастичности (*homoscedasticité*), равномерно распределенным по линии регрессии для всех значений x .

Практически, как об этом говорил Лэси, в возникающих на практике задачах процентные или абсолютные значения приблизительно отвечают этому условию.

Несмотря на очевидные недостатки этого способа обработки и сложность статистических выкладок, которые он предлагает, применение его существенно прояснило ряд метрологических проблем, возникающих при использовании показателей вегетативных функций. Интересные результаты, полученные благодаря его применению, подтвердили его эвристическую ценность.

Критика модели линейной регрессии. Важность проблем, следующих из закона начального значения, и, может быть в частности, упорное отстаивание Лэси своих позиций дали толчок потоку методологических размышлений, позволивших выявить слабые стороны предложенной модели.

1. В самом деле, часто оспаривается линейность корреляции, связывающей уровень стимуляции с уровнем предстимуляции.

Фримен и Катцов (1942) предположили, что повышение активности вследствие предъявления данного стимула будет, по-видимому, максимальным для средних значений уровня предстимуляции и наименьшим для экстремальных значений. Этому должна была бы соответствовать S-образная кривая реактивности, напоминающая кривые вовлечения возбудимых элементов, распределение порогов ответа которых является гауссовым. Вне всякого сомнения, наблюдаемые явления можно объяснить как достижение системой, находящейся на высшем уровне активности, своего верхнего предела, так и возникновением регуляторных гомеостатических процессов, о которых говорил Лэси.

Экс и Венгер (1955) [см. Венгер и сотр., 1961] при измерении артериального давления также обнаружили линейную корреляцию, равную 0,574, между исходным уровнем предстимуляции и уровнем стимуляции, тогда как применение криволинейного коэффициента η дало значение корреляции, равное 0,797.

Результаты того же порядка были получены Штоудтом и Кубисом (1948) для электрокожных реакций. Совершенно ясно, однако, что для среднего диапазона активности линейная модель является вполне приемлемым приближением к действительности.

2. Более резкой была критика Блока и Бриджера (1962), отстаивавших правомерность рассмотрения уровня стимуляции в качестве меры ответа и предлагавших совсем иную интерпретацию закона начального значения, основанную на результатах исследования вегетативных реакций новорожденного на тактильные раздражения. Они показали, что достигнутый уровень стимуляции почти не зависит от уровня предстимуляции и что поэтому закон начального значения прекрасно подтверждается, но не по тем причинам, на которые ссылается Лэси (гомеостатическая регуляция), а из-за зависимости между интенсивностью стимула и уровнем активации системы, каков бы ни был ее уровень предстимуляции. Они тем не менее указывают, что, если эта зависимость хорошо проявляется у новорожденного, у взрослого она имеет тенденцию значительно искажаться. Они уточняют, что чем больше эффективность стимуляции (а она в свою очередь зависит от физических характеристик стимулов, от степени адаптации испытуемого или состояния его реактивности), тем больше постоянство ответа системы. Они предлагают использовать при сравнении индивидуальных реактивностей угол наклона линии регрессии алгебраической разности между уровнем стимуляции и уровнем предстимуляции относительно последнего или, кроме того, среднее значение уровня стимуляции.

В статье Лэси (1956) можно найти обсуждение этой проблемы и всех связанных с ней спорных вопросов. Как бы то ни было, нам представляется, что поиски точных физиологических данных, касающихся механизмов, ответственных за осуществление

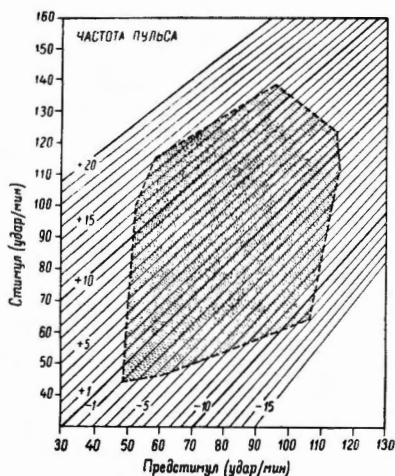
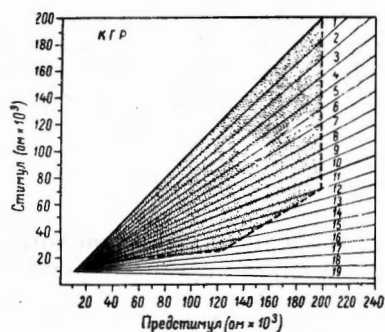
закона начального значения в различных системах, к которым он применим, могли бы способствовать скорейшему разрешению этой теоретической проблемы.

В связи с этим надо также упомянуть интересную работу Окена и Хита (1963), которые применили методику «успокоения» грудного ребенка для проверки применимости закона начального значения: от начального уровня возбуждения (плача) он приходил к конечному уровню успокоения. Эти авторы подтверждают существование закона начального значения и указывают на необходимость определения относительных, а не абсолютных значений конечного уровня. Они отмечают также бесполезность нормализации результатов и подчеркивают необходимость более интенсивного накопления эмпирических данных, с помощью которых можно было бы уточнить природу и границы, внутри которых начальный уровень системы влияет на конечный ответ испытуемого.

3. Наконец, сложность математического аппарата, присущая предложенной модели, как нам кажется, должна ограничивать ее использование. В этой связи мы находим у Дикмана (1949, 1963), Риза и сотр. (1961), Гоника и Глэдфельтера (1963) интересные попытки установить шкалу реактивности, основываясь на произвольных единицах отклонения, которые выводятся путем эмпирического определения угла наклона линии регрессии значений стимуляции относительно значений предстимуляции (рис. 12). Эта методика дает основу для сравнения разных органических систем. В конечном счете она ведет к эмпирическому построению корректирующих номограмм, способствующих значительному облегчению процесса обработки.

Устранение избыточных переменных. Обилие параметров, которыми располагает экспериментатор, часто побуждает его упростить методику эксперимента предварительной систематической проверкой переменных на избыточность. Возможно, что этот способ исследования найдет более широкое применение в психофизиологии. В качестве примера приведем осуществленный Спейсменом и сотр. (1961) групповой анализ (cluster-анализ) 63 возможных переменных, определенных на основании показателя кожного сопротивления, и 53 других переменных, выведенных из простого показателя частоты сердцебиений в экспериментальной ситуации, в которой контрольный период сравнивается с двумя периодами предъявления стимулов в виде кинофильмов с различной эмоциональной нагрузкой.

Результаты ведут к перегруппировке определенного числа переменных, играющих одну и ту же роль. Таким образом, они показывают, что некоторые параметры, такие, как величина абсолютного уровня ответа на стимул и вариативность ответа, независят друг от друга в этих двух системах, но входят в одну и ту же группу стрессовой ситуации в случае переменных, харак-



Р и с. 12. Шкалы психофизиологической реактивности в единицах стандартного отклонения, полученные эмпирически на 43 испытуемых (24 мужчины, 19 женщин) в возрасте от 19 до 25 лет.

Полученные значения предстимуляции равны среднему значению 4-х грубых измерений с интервалами в 30 сек в течение 2 мин, предшествовавших стимулу. В качестве характеристики периода стимуляции принимается значение, соответствующее наибольшей наблюдаемой разности по отношению к уровню предстимуляции.

На рис. слева — результаты, полученные во время исследования психогальванических реакций (измерение кожного сопротивления). На рис. справа — измерения частоты работы сердца (выраженные числом ударов в минуту).

Заштрихованные участки на обоих графиках показывают дисперсию группы из 1263 ответов (по Гонику и Глэдфелтеру Дж., 1963).

теризующих работу сердца. Точно так же такой параметр, как относительное колебание ответа (лабильность), будет входить в различные группы в зависимости от места экспериментальной ситуации в последовательности таких ситуаций.

Эти результаты помогают осознать столь часто недооцениваемую сложность проблемы выбора переменных и полезность систематических исследований, направленных на определение природы связей различных параметров, используемых для характеристики определенного показателя.

* * *

Наилучшим завершением этих рассуждений будет ссылка на работу Липтона и сотр. (1961) о новорожденном как на великолепный образец методических размышлений, предвещающих исследование психофизиологических корреляций. Обоснование выбора соответствующих параметров при использовании показателя частоты работы сердца с целью осуществления интер- и

интраиндивидуальных сравнений, выбор статистических моделей обработки, контроль за экспериментальной ситуацией, учет поэтапной эволюции структуры ответа — все в этой работе показывает, насколько экспериментаторы осознают важность метрологических проблем в этой области исследования.

Г. Значение переменных

Значение, которое психолог должен придавать физиологическим показателям, зависит, по всей вероятности, от той функции, какую он отводит им в намечаемом эксперименте. Выбор переменных в конечном счете обусловлен их предполагаемой адекватностью той функциональной роли, которую они должны играть, по мнению экспериментатора.

Эта функция, как мы уже видели, может быть главным образом описательной, и тогда переменная величина служит для характеристики ответа на уровне поведения или состояния определяющей его системы; она может также быть элементом устройства автоматического контроля за стимуляцией. В таком случае она должна найти свое значение в психологической модели, в соответствии с которой строится эксперимент.

Эта функция может быть также элементом объяснения физиологического механизма, лежащего в основе или даже определяющего ответ. В этом случае переменная должна найти свое значение в той физиологической модели, которой она принадлежит.

а) *Описательная функция физиологических показателей* независимо от физиологического значения, которое может придаваться выбранному параметру, вполне правомерно (и в традициях бихевиоризма) относится к физиологическим данным как к объектам исследования, которым, так же как и другим показателям поведения, отведено свое место в системе отношений, связывающих их с другими операционными переменными анализируемой структуры.

Нам кажется, что следует рассмотреть три аспекта использования этих показателей: во-первых, тот, который делает акцент на характеристике самого ответа, способствуя тем самым его более полному описанию и категоризации; во-вторых, тот, который характеризует *состояние системы* и изменения этого состояния, сопровождающие изменения самого ответа, позволяя, таким образом, надеяться если не на причинное объяснение его, то по крайней мере на его предсказание; наконец, использование переменной для характеристики самого стимула путем введения ее в контур автоматического контроля.

1. *Характеристика ответа.* Физиологический показатель используется как элемент ответа на уровне поведения. Он может просто сопровождать явное поведение и способствовать более

полному его описанию. Он может также сам по себе являться показателем наличия или отсутствия реакции испытуемого.

В этом случае преобладает функция *индикации ответа*, которой можно придавать различное значение.

Значение *индикатора наличия или отсутствия* инфраклинических реакций: например, в случае электрокожных ответов, получаемых при измерении сенсорного порога, где с помощью этого показателя регистрируется реакция испытуемого на подпороговые стимулы в целях эффективного определения способности к обнаружению. Кроме того, можно упомянуть в этой связи некоторые опыты Мак-Гинниса (1949), указывающие на наличие психогальванических реакций при тахистоскопическом предъявлении значащих стимулов со скоростью, слишком большой, чтобы они могли быть действительно опознаны испытуемым. Авторы сочли возможным указать на существование эмоциональных реакций, сопровождающих «субцептивную» (subceptive) активность. Таким образом, они непосредственно соотнесли этот показатель и поведение. Мы могли бы привести много других примеров, особенно относящихся к регистрации инфраклинической мышечной активности с помощью электромиографических методов, когда физиологические показатели придают то или иное значение «неявным» поведенческим реакциям.

Показатель может также выступать в роли *индикатора интенсивности* ответа и способствовать, таким образом, его количественной оценке. Амплитуда электрокожных ответов, например, хорошо коррелирует с эмоциональными впечатлениями испытуемых, и можно предложить использовать ее в качестве косвенной меры интенсивности эмоций (Мак-Керди, 1950). Такое применение показателя особенно требует учета упомянутых ранее метрологических соображений. В этом плане можно указать также на недавнее использование амплитуды соматических вызванных потенциалов, зарегистрированных у человека с помощью интегратора, для определения порога ответов испытуемого (Дебекер и сотр., 1965).

Точность, обычно достигаемая при регистрации физиологических данных, позволяет этим показателям служить также в качестве *хронологических индикаторов*. Ответ можно охарактеризовать с помощью его латентного периода, продолжительности, частоты повторения. Примеры, с помощью которых можно было бы проиллюстрировать этот широко распространенный аспект использования таких показателей, весьма многочисленны. Само собою разумеется, что для обоснованного истолкования последовательностей наблюдаемых явлений необходимо тщательно исследовать физиологическое значение латентного периода (задержка в результате центральной передачи, зависящая от синаптических задержек, скорость распространения, зависящая в свою очередь от толщины и длины проводящих путей).

Известны, например, значительные латентные периоды проявления электрокожных реакций (более секунды) в результате прохождения нервных сообщений по периферическим проводящим путям, которым и определяется продолжительность латентных периодов, а также их крайняя подверженность, например, влиянию температуры кожи.

Иногда можно с успехом использовать эти показатели в качестве *индикаторов локализации* ответа. Так, электромиографические показатели позволяют локализовать ответ в той или иной группе мышц. С помощью электроэнцефалографических кривых можно более точно соотнести физиологические показатели с той или иной зоной коры, например указать, что световые стимулы блокируют затылочный α -ритм, а моторные акты блокируют роландический μ -ритм и т. д.

Однако наибольшее значение для психологического эксперимента, как нам представляется, имеют показатели, выступающие в качестве *индикаторов конфигурации активности*. Одновременная регистрация ряда показателей позволяет установить «паттерн» ответа, исследование которого, как оказалось, очень важно для категоризации поведенческих ответов (Р.-С. Дэвис, 1957).

Однако не столько изучение отдельных показателей, сколько исследование конфигурации мышечной активности электроэнцефалографических показателей и вегетативных реакций позволило получить в наше время наиболее значительные психофизиологические результаты. Они способствовали установлению новых категорий поведения, полезной перегруппировке их, ведущей к лучшему определению некоторых аспектов анализа психологических функций и созданию теоретических основ дифференциального подхода. В дальнейшем мы вернемся к этому весьма положительному итогу применения физиологических показателей для описания поведенческих ответов.

2. *Характеристика системы.* Здесь физиологический показатель играет роль переменной состояния и способствует лучшему пониманию экспериментальной ситуации в целом, уточняя условия системы, предшествующие, сопутствующие или следующие за определенным ответом.

В этом случае показателю придается значение *предсказателя реакции*. Кроме того, этому показателю можно придать другие значения в зависимости от аспекта системы, который он характеризует.

Показатель можно рассматривать прежде всего как *индикатор уровня активности*. Вспомним, например, значение, придаваемое различным мышечным показателям или психогальваническому рефлексу при оценке степени энергетической мобилизации организма и при характеристике степени интенсивности поведения (Даффи, 1962). Отметим также интересные модифи-

кации конфигураций активности ЭЭГ в состоянии бодрствования и сна, позволяющие охарактеризовать различные стадии этих состояний. Эти модификации являются индикаторами изменения состояния системы и могут быть вписаны в шкалу уровней реактивности поведения (например, пороги ответа на звуковые стимулы). Таким образом, можно попытаться определить то влияние, которое оказывают изменения этого исходного уровня на результаты или вообще на поведенческие ответы испытуемого, когда условия стимуляции остаются постоянными. Можно также попытаться исследовать экспериментальные условия, способные изменить этот исходный уровень, который в этом случае можно рассматривать как элемент поведения.

Речь идет здесь об одной из наиболее разработанных и, возможно, одной из самых многообещающих областей экспериментальной психофизиологии.

Очень важной представляется нам характеристика стабильности системы. Изменчивость показателя позволяет рассматривать его как *индикатор стабильности*. Изучение этой изменчивости может осуществляться в различных масштабах времени.

Малый масштаб времени. Сюда относятся изучение характеристик биологического фонового шума изучаемых систем и возможности предсказывать с их помощью психологическую изменчивость. Именно таким образом Кокери смог установить соотношение между изменчивостью времени реакции и характеристиками фонового шума моторного ядра у человека с помощью рефлексологических методик (1964). Этот электроэнцефалографический фоновый шум сделал возможными, кроме того, интересные количественные расчеты (Драгоцки, 1962).

С помощью *среднего масштаба времени* можно выявить медленные флуктуации состояния системы. В этой связи упомянем интересные исследования Лэси и сотр. (1958) медленных спонтанных колебаний разных вегетативных показателей, являющихся стабильными индивидуальными характеристиками, которые можно привести в соответствие с некоторыми поведенческими характеристиками (эмоциональная нестабильность, двигательная импульсивность).

При более длительном масштабе времени характеристики спонтанной изменчивости системы могут стать показателями изменения состояния, вызванного онтогенетическими (созревание, юношеский период, старость), адаптивными (научение, агрессия) или патологическими факторами (действие наркотиков или болезнь).

Наконец, одним из наиболее распространенных применений физиологических показателей является применение их в качестве *индикаторов реактивности*. Методика изучения ответов системы на предъявление *стимулов в неустановившемся режиме* представляет исключительный интерес, так как с ее помощью

удается выявить критерии интенсивности ответов и пространственно-временные характеристики их развития (Мальмо и сотр., 1951; Липтон и сотр., 1960).

С помощью характеристик ответов на *повторные стимулы* также можно определить способность системы к адаптации (Донжье и др., 1957).

Значительное число работ, посвященных исследованию физиологических показателей как переменных состояния, по-разному оценивают возможность предсказывать с их помощью модальность поведенческих ответов. Мы еще вернемся к этому, но само собой разумеется, что эта область применения показателей приводит психолога непосредственно к физиологической интерпретации наблюдаемых явлений и вынуждает его еще более четко признать необходимость как можно лучшего знания соответствующих механизмов.

3. Характеристика стимула. Не лишено интереса, наконец, упоминание довольно частного аспекта функций, которые могут служить физиологическими показателями в психологическом эксперименте. Они действительно могут помочь уточнению экспериментальной ситуации, замыкая регуляторный контур, соединяющий стимул либо с независимым физиологическим параметром, который его обуславливает, либо с самим ответом, который он вызывает.

Сходную ситуацию мы находим в психологических опытах, когда испытуемый сам руководит распределением стимулов, на которые он должен ответить. Приведем в качестве примера исследование, в котором зрительный стимул предъявлялся в определенный момент фазы α -ритма (см. Эллингсон, 1956).

Еще более показательными с этой точки зрения являются те опыты, в которых предъявление стимула с различными задержками определялось частотой сердцебиения, например опыты на время реакции или при исследовании сенсорного восприятия (Рекэн и сотр., 1964). Они указывают на существование значительных колебаний возбудимости центральной нервной системы в ответ на изменение сердечного ритма. Величина вариативности в процентах доходит до 20 в опытах на время реакции. Поэтому можно предусмотреть систематическое применение такого рода методов для повышения стабильности ответа (см. рис. 13).

Можно также запрограммировать определенное распределение стимулов в зависимости от величины или формы физиологической переменной. Так, возникновение α -ритма может автоматически задержать его предъявление по достижении определенной амплитуды и т. д. (Малхоллэнд и сотр., 1962) (см. рис. 14).

Прекрасным примером этого являются исследования Старком (1959) сервомеханизма, регулирующего диаметр зрачка, или же широко известные способы стабилизации изображения на сетчатке, где само движение глаза с помощью зеркала авто-

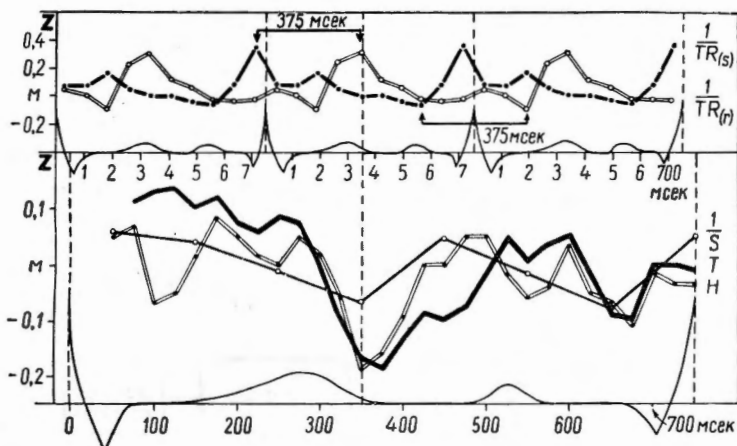


Рис. 13. Результаты, полученные во время опытов по управлению стимулами на основании электрокардиограммы.

Вверху: флуктуации времени реакции как функции положения стимула ($TR(s)$) или ответа ($TR(r)$) по отношению к желудочковой систоле. Обе кривые, соответствующие трем сердечным циклам, представляются идентичными, но смещенными по фазе; смещение равно приблизительно времени реакции (300 м/сек в условиях эксперимента).

Внизу: колебания порога узнавания слов $\frac{1}{s}$ и амплитуды модулярных рефлексов, вызванных раздражением Ахиллесова сухожилия (T) или электрическим раздражением нерва (рефлекс Гофмана: H), в течение одного цикла работы сердца. Весьма значительная депрессия этих различных реакций наблюдается через 350 м/сек после начала сердечного цикла; в тот же самый момент аналогичное изменение наблюдается и на кривой времени реакции.

Интерпретация этих результатов, полученных на 10 испытуемых, была упрощена путем трансформации некоторых данных (применение величины, обратной латентному периоду, в качестве показателя времени реакции, и величины, обратной времени предъявления стимула в качестве порога восприятия) и путем нормализации распределений (отметки Z).

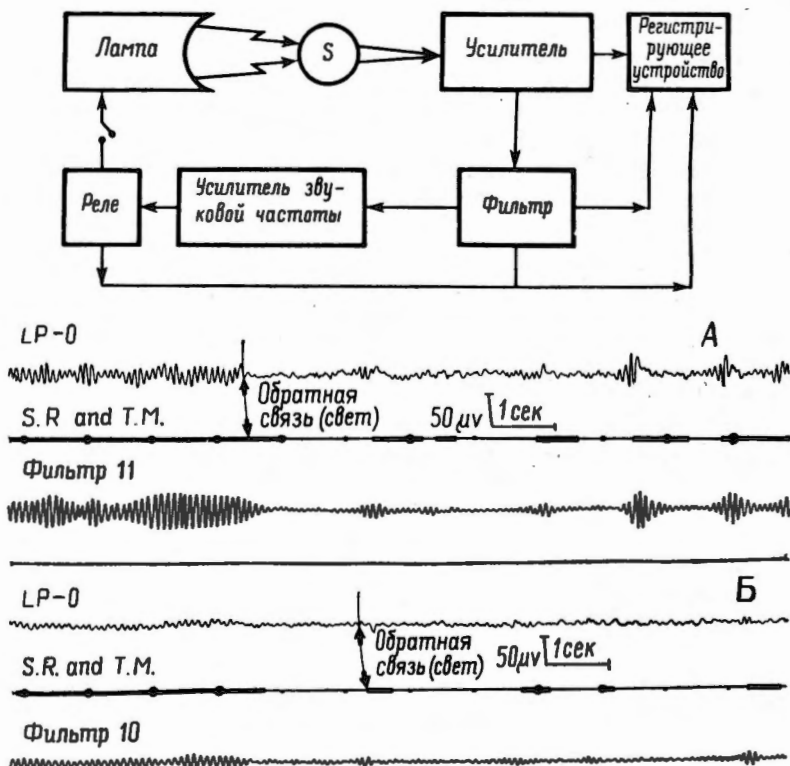
На абсциссе представлены характерные изменения электрокардиограммы, служившие в этих опытах отметками. Каждая точка есть среднее значение примерно 100 измерений (по Рекэну, 1965; Кокери и Рекэну, 1964; Рекэну и Брушону, 1964, модификация).

матически стабилизирует изображение в постоянной точке сетины.

Наконец, упомянем разрабатываемые в кардиологии и электроэнцефалографии методы обнаружения паттерна, которые уже с успехом применяются в медицине, например, для контроля анестезии. Мы являемся свидетелями энергичной разработки автоматических устройств медицинского наблюдения, основанных на принципе непрерывной регистрации некоторых физиологических параметров, которые могут автоматически требовать

применения лекарственных средств или вмешательства врача (Фаррье, 1964).

Предусматривается возможность применения этого метода в психологическом эксперименте. Она ставит перед нами проблему организации опыта, исходя из логического анализа установок, осуществляющих автоматическое программирование последовательности стимулов и строгий контроль за экспериментальными переменными. Применение этого метода, в частности, помогает контролировать, минимизировать и даже совершенно устранить влияние (которым зачастую пренебрегают) присутствия наблюдателя как экспериментальную переменную в



Р и с. 14. Примеры управления световыми стимулами на основании α -ритма, представленного на электроэнцефалографической кривой. 1-ая дорожка: затылочная кривая, отфильтрованная (3-я дорожка) с помощью фильтра, настроенного на частоту 10 гц. Когда подлежащий фильтрации сигнал превышает некоторый условный выбранный порог напряжения, включается реле предъявления светового стимула. 2-я дорожка: можно заметить появление характерных α -вспышек, следующих за замыканием контура обратной связи (по Т. Малхоллэнду и сотр., 1962).

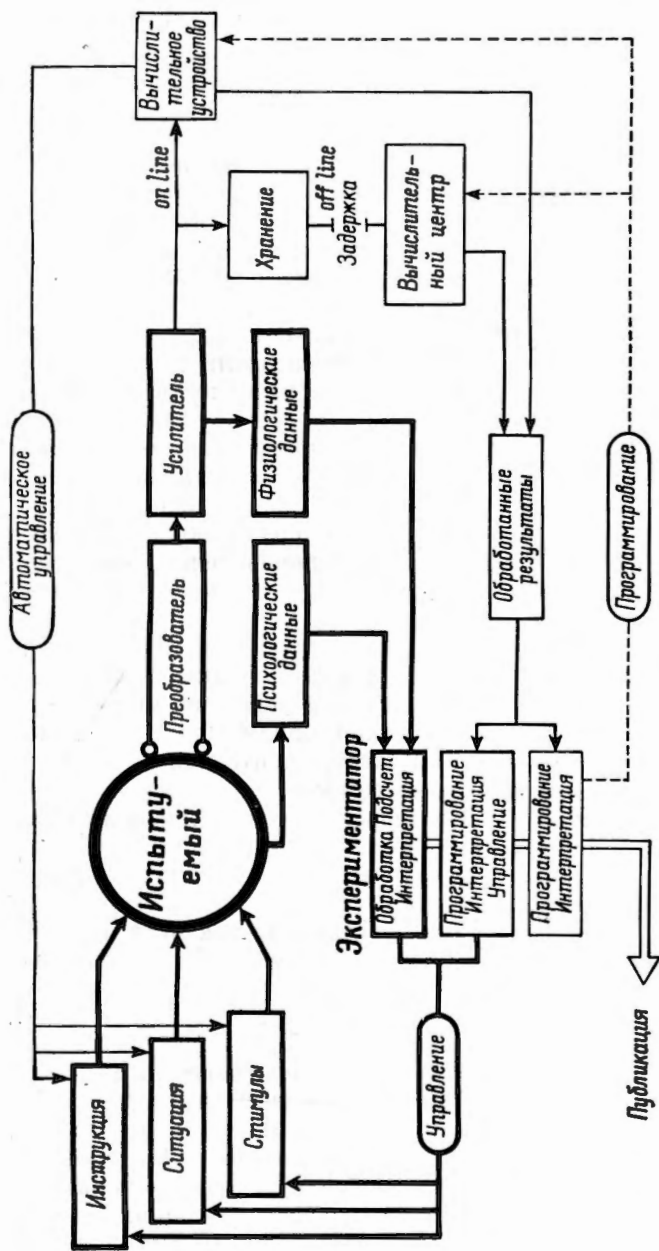


Рис. 15. Принципиальная схема управления, используемая в психофизиологическом эксперименте. *Жирными линиями*: непосредственное вмешательство экспериментатора с целью определения и управления элементами экспериментальной ситуации (инструкция, ситуация и стимулы), обуславливаемое психологическими и физиологическими данными, полученными с помощью традиционной схемы регистрации. *Линиями средней толщины*: включение в схему обработки операций хранения, позволяющих обрабатывать полученные результаты в вычислительном центре по истечении некоторого периода времени. *Тонкими линиями*: последовательное включение в схему вычислительного устройства, обеспечивающего мгновенное автоматическое управление экспериментальной ситуацией в зависимости от полученных результатов. Роль экспериментатора сводится, таким образом, к операциям начального программирования и к окончательной интерпретации полученных результатов (по Кларку и сотр., 1964, модификация).

психологическом исследовании. На диаграмме рис. 15 представлена попытка формализации схем регуляции применительно к психологическому эксперименту, а также интересные возможности, открывающиеся для исследователя в результате введения методов автоматической обработки данных (Кларк и сотр., 1964).

б) *Экспликативная функция физиологических показателей.* Как бы точна и всепроникающа ни была техника регистрации физиологических показателей, как бы хорошо ни были разработаны способы выявления новых параметров физиологического явления, его измеренная величина приобретает смысл, только если рассматривать его в рамках биологической реальности. Это требование приобретает первостепенное значение, как только мы пытаемся применить физиологические показатели для определения природы механизмов, которыми обусловлены их колебания.

Однако надо отметить, чтобы устранить возможные недоразумения, а также предотвратить некоторое разочарование и предупредить неосторожные шаги, что наше знание физиологических реальностей, лежащих в основе наиболее часто используемых в психологических экспериментах показателей, остается весьма неточным и даже в большинстве случаев гипотетическим.

Рассмотрим сначала *электромиографические показатели*, очень чувствительные к изменениям мышечной активности, лежащей в основе и детерминирующей наши действия. Очевидное поведенческое значение этих показателей оправдывает их широкое применение в психологическом эксперименте для феноменологического описания ответов испытуемого.

Если же, напротив, задаться вопросом о том физиологическом значении, которое должно им придаваться, то ответ на этот вопрос вызовет, как нам представляется, значительные трудности.

Как в случае поверхностных электродов, так и в случае внутримышечных игл, электромиографический показатель оказывается непосредственным чувствительным свидетелем мышечной активности, обеспечивающей тоническое поддержание позы и движения элементов скелета.

Физиологические процессы, лежащие в основе мышечного электрогенеза, в настоящее время широко известны. Но какое точное физиологическое значение мы можем приписать выявляемой активности, например на уровне мышцы руки, предположив, что мы можем считать это значение показателем активности этой мышцы независимо от показателей соседних мышц.

Как только мы пытаемся обратиться к нервным механизмам контроля над мышечной деятельностью, которые могут принимать участие в экстерииоризации такого ответа, сразу возникают

трудности, ибо нам приходится иметь дело сразу с несколькими возможными видами регуляций, связанных с этой активностью, регуляций, разумеется, взаимосвязанных, но способных ориентировать наше объяснение на ту или иную действующую систему в зависимости от того, какой гипотезе мы отдадим предпочтение: гипотезе остаточных тонических проявлений, выражающих напряжение испытуемого и свидетельствующих о высоком уровне его ретикулярной активности; гипотезе вариантов позы как антигравитационной реакции поддержания положения конечности или компенсаторной реакции сохранения равновесия тела, что является показателем сервоуправления антигравитационным равновесием; гипотезе эффекта положения головы относительно корпуса, связанного с тоническими рефлексами шеи и являющегося характеристикой сервомеханизмов ориентации; гипотезе напряжения, предшествующего производимому действию (приближение или защита), отражающему предрасположение позы к действию и являющемуся показателем внутренней установки испытуемого; гипотезе произвольной активности, планируемой испытуемым; гипотезе синкинезии, сопровождающей активность контрлатеральной конечности; гипотезе синергии, сопровождающей движение руки; гипотезе торможения, являющегося результатом напряжения мышцы-антагониста.

Сложность явления очевидна, и попытки упрощения его, например, введением более строгого контроля над изменяющимися параметрами, сопровождаются все более и более стеснительными ограничениями, которые оказываются в конце концов совершенно нежелательными для психолога (неподвижность, напряженность и т. д.). Во всяком случае, возможности экспериментаторов недвусмысленно раскрыты с помощью показателя физиологического содержания полученной переменной оказываются ограниченными, несмотря на то что этот показатель можно достаточно точно регистрировать с помощью приборов и что элементарные процессы, лежащие в его основе, хорошо известны.

Эта методологическая трудность подробно рассмотрена Рекэном (1965). Он показал, что, к счастью, существуют практические возможности разрешения ее, правда, ценой значительного усложнения аппаратуры. Еще одним решением является увеличение числа отведений от различных групп мышц и осуществление многоканальной регистрации, предполагающей анализ конфигураций активности. Такие методы регистрации, соединенные с методами интеграции, позволяют получить количественные результаты, поддающиеся обработке с помощью соответствующих статистических методов.

Можно также повысить качество физиологической информации с помощью более тонких (но и более трудоемких) методов, таких, которые в случае человека дают доступ к рефлекторным механизмам регуляции тонуса и позы при приготовлении

к действию и применение которых едва лишь началось (Пайяр, 1954 и 1955).

Другой пример дают нам *измерения электрического сопротивления кожи* (эффект Фере), лежащие в основе «психогальванического рефлекса», широко используемого психологами в качестве показателя «вегетативного тонуса». Физиологический процесс, вызывающий это явление, долгое время оставался загадкой, и нервные механизмы управления им, так же как и способы его периферического выражения, еще только начинают проясняться (Блок, 1965). Речь тем не менее идет об одном из наиболее часто используемых показателей, являющимся таковым не только благодаря легкости его получения, но также благодаря его чувствительности и возможности прогнозирования с его помощью результатов психологического эксперимента. Сегодня с полным правом можно рассматривать его как один из наиболее приемлемых критериев уровня общей активности. Популярность этого явления как показателя поведения удивительно контрастирует с почти полным отсутствием интереса со стороны физиологов к его функциональной основе. С точки зрения физиологической регуляции реакция потоотделения, как нам кажется, действительно не имеет настолько важного жизненного значения, чтобы можно было оправдать включение ее в сложный регуляторный механизм. Отсюда, вероятно, простота ее проявлений, которые возникают как побочные продукты общего уровня активности и влияние которых на другие органические функции незначительно. В известном смысле именно физиологическая ничтожность придает этому показателю значение чувствительного и однозначного критерия уровня ретикулярной активности (Блок, 1965).

Противоположная ситуация возникает при рассмотрении *показателей дыхания и кровообращения*. Эти показатели фактически скрывают очевидные функциональные реальности. Кроме того, они быстро приживаются в психологических экспериментах благодаря легкости, с которой они получаются.

Достаточно вспомнить шумный успех работ Бенусси (1914) с использованием пневмограммы для объективного обнаружения лжи или для категоризации эмоциональных состояний. Воспроизведение его результатов оказалось сложным, равно как и интерпретация наблюдаемых колебаний. Обилие интерферирующих цепей регуляции отражается на характеристиках дыхания (частота, амплитуда, относительная продолжительность вдоха и выдоха, объем, давление), что препятствует однозначной интерпретации их значений. Эти эмпирически установленные трудности объясняют неприязнь психологов к этой категории показателей. Однако можно ожидать, что развитие физиологии дыхания предоставит новую отправную базу для

теоретически осмысленного использования их в психологическом эксперименте.

Та же трудность возникает и в случае сердечно-сосудистых показателей, которые наряду с психогальванической реакцией наиболее часто используются психологами. Точное физиологическое значение переменных (частоты, давления, объема) долгое время оставалось неясным. В настоящее время значительные усилия, отвечающие вполне понятной заинтересованности медицины в проведении исследований в этой области, направлены на достижение лучшего понимания физиологического значения экспериментально получаемых параметров. К классическим критериям, выработанным электрокардиографией, в настоящее время добавляются автоматические измерения давления, кровенаполнения, периваскулярного и капиллярного сопротивлений. Регистрация всех этих явлений осуществляется непрерывно и одновременно в процессе кровообращения. Такая регистрация показала крайнюю сложность физиологической интерпретации таких, скажем, очевидных показателей, как частота пульса или величина артериального давления.

Можно, например, поставить перед собой проблему выяснения действительного значения изменения одного из этих показателей, взятого отдельно от других изучаемых физиологических процессов. Давление, измеряемое в определенной точке системы кровообращения, предстает в виде сложной переменной величины, которая зависит по меньшей мере от трех параметров сердечно-сосудистой функции: объема сердца, частоты пульса, которой определяется объем выталкиваемой крови, и величины периферического сопротивления, которому противостоит сопротивление сосудов. Как известно, это сопротивление (по крайней мере на 75%) является результатом давления в артериолах и капиллярах. Взаимодействие этих трех переменных, с другой стороны, рассматривается в стабилизированной гомеостатической системе, где переменные периферического сопротивления и переменные активности сердца взаимосвязаны. Поэтому значительное понижение частоты биений сердца, указывающее на реактивность системы в определенной ситуации, может сопровождаться компенсаторным повышением периферического мышечного сопротивления при неизменном артериальном давлении. Этим объясняются иногда озадачивающие результаты, полученные некоторыми психологами, которые использовали изолированно или одновременно сердечно-сосудистые показатели в качестве индикаторов реактивности функции кровообращения. Большинство внутренних физиологических регуляций включено, кроме того, в контуры автостабилизации такого рода, что становится возможным интерпретировать физиологические показатели, полученные в отдельных точках системы изменений, как индикаторы либо активации, либо

депрессии. Таким образом, эти показатели отражают лишь направление регуляции внутри рассматриваемой системы, не становясь при этом показателями степени или даже направления наблюдаемого возмущения на уровне всей функциональной системы. Поэтому и в этой области наиболее полное понимание физиологического значения показателя в рамках системы, в которую он входит, определяет весомость его интерпретации психофизиологом.

Упомянем кратко *показатели обмена веществ*, диапазон которых в настоящий период непрерывно расширяется. В общем, в прошлом применение их ограничивалось чисто техническими трудностями; эти показатели служат для воспроизведения довольно специфического класса явлений, непрерывная регистрация которых не только невозможна, но и ограничена определенными условиями (необходимостью брать пробу для анализа, необходимостью дозировки и т. д.). Вне всякого сомнения, в ближайшем будущем следует ожидать самого широкого применения их в результате развития биохимии и психофармакологии.

Перейдем наконец к *электроэнцефалографии*. Введенная в практику в 1930 г. Гансом Бергером, психиатром, стремившимся найти физиологическое объяснение явлений, она вызвала вполне понятный интерес и, несмотря на огромную сложность регистрируемых явлений и почти полное незнание лежащих в их основе физиологических процессов, направила усилия ученых на исследование способа их анализа. Нет необходимости говорить о том, что благородное происхождение электроэнцефалографических данных не могло не привлечь внимания и не вызвать увлечения ими экспериментаторов. Действительно, представлялось непостижимым, чтобы то, что вполне естественно рассматривать в качестве непосредственного отражения активности мозга, не помогло нам тем или иным способом получить сведения о функционировании этого органа.

Изучению электроэнцефалографических показателей посвящено бесчисленное количество работ различной ценности, однако значение их, как правило, ограничивается бедностью экспликативных гипотез, созданных на их основе (Эллингсон, 1956). Что же касается психологических исследований, то всего несколько лет назад итог их мог бы показаться смехотворным в сравнении с надеждами экспериментаторов и применяемыми способами расшифровки этих сложных криптограмм (Гасто, 1959).

Обработка таких параметров, как пространство, амплитуда, время, производилась с помощью различных методов: гармонического анализа (Грей Уолтер), интеграции количества электричества (Дрогоцки), фазового анализа (топоскоп Грея Уолтера), пространственно-временного анализа (Раймон). В этой

области применялось также много других современных методов, таких, как спектральный анализ, автокорреляции, кросс-корреляции, которые затем получили широкое распространение благодаря применению магнитных регистраторов и электронных вычислительных машин большой мощности. Какое физиологическое содержание можем мы дать этим сложным явлениям? Безусловно, сегодня благодаря электроэнцефалографии мы можем позволить себе пойти дальше в наших гипотезах о функционировании мозга, чем в не столь отдаленную эпоху (Жерар, 1946; Брейзье, 1951), когда еще можно было утверждать, что «в своей основе наши представления о том, что такое сознание, мало бы пострадали, если бы вдруг выяснилось, что на самом деле голова набита соломенной трухой».

Элементарные процессы, ответственные за те или иные формы кортикального электрогенеза, начинают становиться понятными только сейчас, после того как они долгое время представляли столько неприятностей нейрофизиологам. Микрофизиология усиленно исследует сложные сети, образующие структуры распространения нервных импульсов. Дешифровка общей активности этих сетей остается тем не менее трудной, и, кроме нескольких счастливых моментов спонтанного или же вызванного электрогенезом значительного усиления их активности, лихорадочно использованных экспериментаторами, мы остаемся еще на том этапе, когда приходится признавать случайный или, как мы надеемся, стационарный характер их фоновой активности, используя при этом все современные средства анализа, чтобы понять ее настоящую природу.

Последнее слово техники исследования — интеграторы — позволяет надеяться на прогресс в этой области, так как мы видели, что с их помощью можно выделить регулярные сигналы из случайного фонового шума (мозгового) электрогенеза. Эта техника открывает новую главу в современной электроэнцефалографии; значение предлагаемого ею показателя для психолога очевидно, поскольку с его помощью удастся непосредственно зафиксировать у человека момент прихода сенсорного сигнала в соответствующую проекционную зону коры, что позволяет судить на основании параметров задержки его компонентов о некоторых интегративных процессах восприятия. Число и размах нейрофизиологических работ, посвященных изучению «вызванных потенциалов» у животных, могут, кроме того, придать этому новому показателю важное значение индикатора связи между психологическими явлениями и нервными механизмами функционирования мозга.

Несмотря на то что мы располагаем все-таки относительно хорошим знанием физиологических процессов, которые лежат в основе наиболее часто употребляемых физиологических показателей (за исключением, однако, электроэнцефалограммы,

процессы которой еще практически не известны), и понимаем в самых общих чертах механизмы, регулирующие ту функциональную систему, в которую эти показатели входят, мы очень часто оказываемся не в состоянии распутать сложный клубок физиологических факторов, которыми определяются наблюдаемые нами изменения. Включение наблюдаемой системы в сеть еще плохо понятых взаимоотношений, предполагающих подверженность основных гомеостатических регуляций целостного организма разного рода влияниям в процессе его индивидуального развития, лишает нас наивной надежды на возможность однозначного причинного объяснения наблюдаемых явлений. Пропать, еще разделяющая уровень физиологических знаний, относящихся к механизмам частных функций, от уровня психофизиологических исследований ограничивает фактическое значение физиологических показателей для редукционистской интерпретации поведенческих проявлений.

* * *

В заключение скажем, что различные соображения, определяющие выбор физиологических показателей для психологического эксперимента, лишний раз подчеркивают эмпирический и еще робкий характер исследований в этой области и явную методологическую незрелость, которая была характерна для них в недалеком прошлом. Сформулировано слишком мало точных правил. Слишком часто над теоретическими соображениями превалировали соображения легкости получения данных с помощью того или иного прибора.

Эвристическая ценность получаемых результатов и возможность достичь более точного знания изучаемого предмета определяют в конечном счете а posteriori правильность выбора переменных. Широкий поток методологических исследований, появившихся в последнее время, позволяет надеяться тем не менее на выяснение природы конкретных методологических трудностей, с которыми приходится сталкиваться при использовании физиологических переменных. Это неминуемо должно привести ко все большему упорядочиванию способов обработки и к более строгому определению критериев отбора значимых переменных.

§ 3. Итоги и перспективы

Мы не претендуем здесь даже на частичное перечисление многочисленных работ, в которых говорится об использовании физиологических показателей (одной лишь проблеме активации, как показывает Даффи (1962) посвящено более тысячи работ). Можно было бы попытаться расположить их в виде сложной таблицы в соответствии с природой показателей (мы-

шечные, электроэнцефалографические, сердечно-сосудистые, эндокринные, показатели дыхания, обмена веществ и т. д.) и значением, которое придает им психолог, исходя из психологической (эмоции, стресс, мотивация, внимание) или физиологической (гомеостаз, активация, нейровегетативное равновесие, энергетическая мобилизация и т. д.) модели. В разных главах данного труда, охватывающего широкие области исследования психологических функций, можно встретить ссылки на работы, использующие физиологические показатели и реально способствовавшие наилучшему пониманию затронутых проблем. Однако внимательный читатель, несомненно, будет поражен неправдоподобно малым числом таких ссылок (исключением является разве что глава об эмоциях, которые всегда были излюбленным объектом психофизиологических исследований). Эта скудость — прекрасная иллюстрация того, сколь малую пользу могла извлечь для себя психологическая теория из анализа психофизиологических корреляций вплоть до самого последнего времени. Такая скудость, которая могла бы поразить при сравнении с обилием фактов, накопленных в этой области, хорошо объясняется очевидными трудностями, какие мы часто испытываем при включении физиологических данных в создаваемую нами психологическую модель, а также нашей неспособностью включить их в физиологическую модель, допускающую содержательную психологическую интерпретацию.

В состоянии ли мы выявить возможные причины этих неудач и указать перспективы дальнейшего развития этой области экспериментального исследования?

Рассмотрим последовательно эту проблему с точки зрения значения самих показателей и с точки зрения значения интерпретирующих моделей.

А. Значение показателей

Просматривая обширную литературу, посвященную этому вопросу, можно сделать вывод, что увлечение тем или иным новым показателем претерпевало обычно такую эволюцию: энтузиазм, вызванный первыми опытами и обнадеживающими корреляциями наблюдаемых явлений, сменялся мало-помалу вынужденным признанием, что, по мере того как мы пытаемся применить этот показатель для характеристики все большего числа объектов, наличие корреляции становится все менее и менее убедительным. Сомнение обычно возникает в тех случаях, когда пытаются увеличить информационную ценность изучаемого показателя параллельным привлечением других показателей. Затем убеждение в несоответствии показателей, предположительно характеризующих одну и ту же физиологическую функцию, крепнет, а величины корреляции становятся

все более незначущими. Далее возможны три следующих продолжения.

Обескураженный экспериментатор отказывается от опубликования своих результатов и прекращает эксперименты этого типа. По этой причине мы не в состоянии оценить значение этих неудач, знание которых было бы между тем ценно для того, чтобы избежать проведения бесполезных дорогостоящих опытов (недаром один автор выступил с шутливым предложением, которое, впрочем, не лишено здравого смысла, организовать «Журнал неопубликованных результатов»).

Неудача минимизируется и благодаря ловким статистическим приемам зачастую предстает в виде иллюзорного полууспеха, фактически не обладая сколько-нибудь значительной ценностью (это наиболее частый случай).

Экспериментатор отдает себе полный отчет в том, что он потерпел неудачу, и тщательно анализирует трудности, с которыми ему пришлось столкнуться. Возникает необходимость поиска новых решений (это ситуация наиболее редкая).

Тем не менее этому третьему случаю мы обязаны результатами, наиболее способствовавшими прогрессу наших знаний. На этом пути мы приходим к ясному осознанию конкретных источников ошибок, имевших место при установлении психофизиологических корреляций, и — в отдельных случаях — к принятию плодотворных решений. Упомянем некоторые из них.

а) *Значение изолированного показателя* мы вправе поставить под сомнение ввиду многочисленных расхождений, обнаруживающихся при одновременном рассмотрении различных параметров.

Типичным примером тому является изучение индикатора уровня напряжения или общей активации. В работе Даффи (1962) мы находим довольно полный обзор литературы, посвященной этой важной проблеме. Действительно, создается впечатление, что, несмотря на несоответствие различных показателей, которые не всегда изменяются одновременно в ожидаемом, согласно гипотезе о существовании общего фактора активации, направлении, наблюдаемая каждый раз прекрасная корреляция между изменениями показателей мышечного напряжения и показателей кожного сопротивления, выступающих в роли индикаторов уровня активности, оказывается настолько ярко выраженной, что кажется естественным использовать изолированно один из этих двух показателей в качестве удобной меры того, что принято называть интенсивностью поведения. Правомерность приписывания такого значения показателю кожного сопротивления подтверждается в еще большей степени недавними исследованиями Блоком (1965) соответствующих нейрофизиологических механизмов (уровень ретикулярной активации). Этот результат мог бы иметь: теоретические и практические послед-

ствия большого значения, если бы при сравнении электрокожных опытов и других показателей, обычно используемых в качестве критериев общей активации, не было обнаружено значащего различия между ними. А именно так обстоит дело в случае биоэлектрических реакций активации коркового происхождения (блокада затылочного α -ритма), которые тем не менее рассматриваются в нейрофизиологических экспериментах в качестве бесспорного критерия ретикулярной активации, как это отметили Банко и сотр. (1953). Этим можно объяснить некоторые противоречивые результаты, полученные при использовании электроэнцефалографических показателей активации (Фресс и Вуайом, 1961). Для более глубокого рассмотрения этого вопроса следует обратиться к главе, написанной В. Блоком и включенной в данный том.

б) *Конфигурации показателей.* Изучение наблюдаемого несоответствия различных физиологических показателей, столь обескураживающего вначале, привело тем не менее к интересным открытиям.

Существование различных конфигураций проявлений вегетативных функций в зависимости от эмоциональной значимости ситуации было впервые показано в работах Экса (1953). Влияния гнева и страха существенным образом отличаются друг от друга по степени активации различных зарегистрированных показателей. Так возникла надежда на создание новой классификации чувственного опыта, совпадающая с изначальным устремлением объективной психологии.

Несмотря на то что эти усилия, направленные на объективизацию традиционных категорий, были частично обоснованы исследованиями Энгеля (1960), решающие результаты стали появляться только тогда, когда исследователи встали на путь систематического поиска корреляции между конфигурацией показателей и экспериментальной ситуацией.

Исследования Дэвиса (1957) явились первой попыткой классификации изучаемых конфигураций показателей (произвольно обозначенных с помощью букв алфавита) в зависимости от психологических характеристик стимула. Так он описал паттерн *P*, характерный для ответа испытуемых мужского пола на сексуально возбуждающие изображения, паттерн *N*, характеризующий ответы на простые зрительные или слуховые стимулы, паттерн *C*, характеризующий ответы на кожные стимулы (давление, теплоту). Хотя эти исследования были малосодержательными с точки зрения возможности включения данных в используемые психологические модели, заслуга их несомненна, так как в них были подвергнуты тщательному исследованию новые категории поведения.

Однако именно Лэси мы обязаны как созданием строгих методологических принципов исследований этого типа (о чем мы

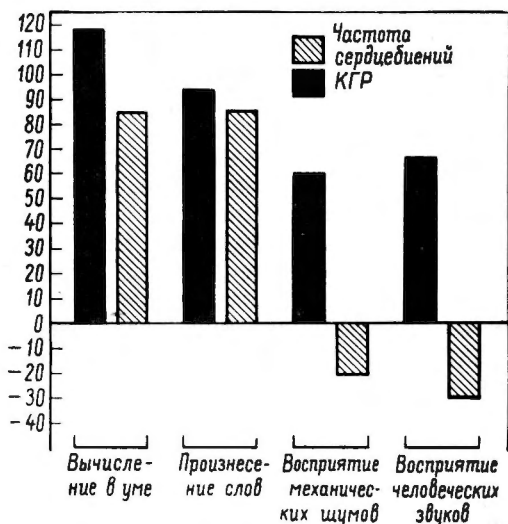


Рис. 16. Значения электрокожных реакций (КГР) и частоты работы сердца, полученные в четырех различных экспериментальных ситуациях: вычисления в уме, произнесение слов, восприятие механических шумов, словесная коммуникация. На таблице представлены откорректированные с учетом уровня, соответствующего предварительной стимуляции, значения параметров, полученные в указанных экспериментальных условиях. Отчетливо наблюдается ускорение работы сердца в двух первых ситуациях, для которых характерна умственная деятельность и отключение от внешних стимулов; напротив, понижение частоты работы сердца характерно для

двух последних ситуаций, где наблюдается активное слушание и связь с внешней средой. Что же касается электрокожных реакций, то во всех четырех ситуациях наблюдается равномерное их усиление.

уже упоминали), так и новыми, бесспорно, важными результатами, которые он получил, подвергнув сомнению традиционные психологические модели.

В статье 1963 г. он подробно излагает результаты всех своих последних работ. Он установил, в частности, существование определенного стереотипа ответов, характерного для данного индивида независимо от того, представителем какого типа агрессивности он является. Он показал также замечательную стабильность индивидуальных характеристик ответов (в течение четырех лет) и способствовал более четкому определению физиологического понятия «личность».

Кроме того, он показал индивидуальную устойчивость отдельных конфигураций ответа, на основании которых можно осуществить классификацию стимулов. Так, например, ему удалось выяснить исключительно устойчивые обратимые реакции (изменения) частоты работы сердца в ответ, с одной стороны, на стимулы, требующие от испытуемого принятия среды (environmental intake), что всегда сопровождается значительным уменьшением частоты, и, с другой, — на стимулы, требующие «отрицания окружающей среды», что влечет за собой увеличение частоты (см. рис. 16).

в) *Индивидуальные различия.* Доказательство существования реальной физиологической личности как совместного про-

дукта наследственности и индивидуальной истории представляет очевидный интерес в сравнении с проблемами психологической личности. Мы отдаем себе отчет в том, какие значительные трудности она ставит перед учеными, которые пытаются обнаружить стабильные характеристики ответов на уровне групп.

Сегодня некоторые авторы не колеблясь осуждают классические методы установления интериндивидуальных корреляций в психофизиологическом исследовании и предлагают новые методы интраиндивидуальных корреляций, применение которых при решении прежних проблем привносит связность и смысл туда, где до настоящего времени мы могли наблюдать лишь бессвязность и дисгармонию (Лазарус и сотр., 1963).

Эти факты, как мы убедимся, открыли новые перспективы, позволив объяснить с их помощью озадачивающие противоречия, которые встречались в прежних работах. В то же время они вселили надежду на то, что со временем окажется возможным создание новых интерпретирующих моделей, в большей степени соответствующих потребностям формализации наблюдаемых явлений.

В настоящее время в результате стремительного развития техники и тех возможностей, которые она предлагает экспериментаторам как в области получения новых показателей, так и в области автоматической обработки данных, следует ожидать многообещающего расширения этого направления исследований.

Б. Значение интерпретирующих моделей

Значение неудач экспериментальной психологии состоит в том, что они способствовали пересмотру концепций психологии функций, которые в свою очередь являлись следствием крушения классических категорий прежней психологии способностей.

Эвристическая ценность концепций эмоций, мотивации, стресса, тревожности, усилия, напряжения, установки, восприятия, научения и т. д. в рамках объективного анализа поведенческих ответов бесспорна, однако, как мы видели, при включении в их структуру физиологических показателей поведения и их поддающихся измерению колебаний возникают очевидные трудности.

В своем исследовании концепции активации Даффи (1962) предлагает интересные возможности перегруппировки категории анализа поведения по двум основным параметрам: интенсивности и направленности. Первому соответствуют понятия энергетической мобилизации, общей активации, напряжения, уровня бодрствования, ко второму относятся векторные характеристики поведения, направленного либо к достижению определенных

целей (приближение), либо от поля воздействия нежелательных стимулов (избегание). Это исследование показало, как эти два параметра могут комбинироваться в различной степени и в различных направлениях, образуя при этом различные категории поведенческих ответов, не отвечавшие тем не менее требованиям многомерного описания психологических реальностей.

Анализ Даффи позволяет оценить значение модели, основанной на концепции активации, с помощью которой вполне удовлетворительно удается психофизиологически интерпретировать параметр интенсивности поведения.

Эта модель показала, в частности, как смешение параметров анализа приводило до сих пор к затемнению психофизиологического подхода и как новые перегруппировки, предлагаемые моделью, могут привести к созданию плодотворных рабочих гипотез. Любопытно, что сначала эта модель была известна как концепция энергетической мобилизации и что только под влиянием нейрофизиологических открытий о функции активирующих ретикулярных систем ее стали называть моделью активации. Таким образом, мы имеем перед собой объяснительную физиологическую модель, и мы отсылаем читателя к главе этого труда, написанной В. Блоком, чтобы оценить значение данной модели для объяснения психологических явлений.

Векторный параметр поведения, который находит свое выражение в понятии направленности поведения, напротив, до сих пор является моделью феноменологического описания явлений; его эвристическая ценность бесспорна, и она в значительной степени побудила исследователей обратиться к изучению психологии животных. По этому вопросу мы рекомендуем читателю ознакомиться с новейшим интересным обзором, предлагаемым Шнейрла (1965). Эта модель стимулировала также усилия в плане изучения физиологических механизмов; в этом томе, в главе, написанной Пьероном и посвященной проблемам мотивации, указаны основные направления современных нейрофизиологических и психофизиологических исследований в этой области.

Совершенно очевидно, что упоминавшиеся ранее исследования конфигурации активности каждого конкретного вида (электроэнцефалографической, мышечной или, например, вегетативной) позволяют надеяться на достижение большей ясности в этой области исследований, а также на перегруппировку и новую классификацию таких явлений, как внимание, мотивация, установка, эмоции и т. д.

Нельзя не упомянуть также некоторые физиологические модели, такие, как гомеостазис или нейровегетативное равновесие, привлекавшиеся для психологического объяснения и вызвавшие многочисленные исследования для подтверждения правомерности их применения (Венгер, 1949).

В общем, признанию применимости физиологических показателей для психологического объяснения препятствует, как мы уже подчеркивали, практическая невозможность использовать физиологические показатели в интактном организме в качестве существенных и недвусмысленных критериев моделей, основанных на традиционных физиологических подходах (Ж. Пайяр, 1961).

Пессимистический характер выводов относительно фактического значения применения в психологии физиологических показателей не ставит, разумеется, под сомнение ценность моделей, созданных в результате биологических или нейрофизиологических исследований для объяснения органических явлений. Психология с полным правом может пользоваться ими как источником плодотворных рабочих гипотез (Пьерон, 1953). Солидность и стройность таких моделей всегда представляли большой соблазн для психологов, хотя чрезмерное и часто необоснованное применение их для объяснения психологических явлений подчас вызывало беспокойство (Брессон, 1954). Физиолога всегда смущает то нетерпение, с которым психолог стремится увидеть «определенность» в сыром материале только что полученных данных. Грей Уолтер сравнивал отношение исследователей поведения к последним достижениям нейрофизиологии с энтузиазмом ребенка, играющего в песке. Что бы там ни говорил нейрофизиолог, он не может не чувствовать удовлетворения от того опрометчиво разжигаемого им самим интереса к своей деятельности, который не может не возвышать его в глазах психолога.

Психофизиолог, перед которым стоит трудная задача приспособить физиологические модели частных функций для объяснения поведения, напротив, ведет себя значительно скромнее. Действительно, при обработке физиологических показателей, которые, безусловно, являются незаменимой связью между поведенческими явлениями и физиологическими механизмами, он сталкивается с методологическими трудностями, по крайней мере столь же большими, как и те, с которыми встречается психолог при обработке своих переменных поведения. Как и психолога, его не удовлетворяют собственные модели, он видит недостаточность физиологических моделей, которые предлагаются ему для объяснения изменений показателей в целостном организме, и, как и психолог, он надеется на новые способы формализации изучаемых явлений.

Из всего этого, как нам кажется, возможны два выхода. Первый требует отказа от традиционной экспериментальной физиологии изолированного органа и создания физиологии интактного организма, руководствующейся методологическими принципами науки о поведении. Двойственная природа физиологических показателей открывает перед нами, как бы банально это

ни звучало, два дополняющих друг друга аспекта их изучения, понимание взаимозависимости которых является насущной задачей психофизиолога.

Связать физиологический показатель с поведением — это одна из задач, которую может поставить перед собой психолог и которая является самым бесспорным оправданием его обращения к методам регистрации физиологических явлений. Это очень узкая задача, которую мы уже здесь достаточно подробно рассмотрели.

Связать физиологический показатель с процессом, которым он определяется, остается центральной задачей физиолога, однако связать показатель с физиологическим механизмом, ответственным за поведенческую реакцию организма, — это исключительно задача психофизиолога. Современные технические средства, которыми располагает в настоящее время психофизиолог, позволяющие обнаруживать и управлять по своему желанию механизмами поведения даже изнутри организма (мы намеренно исключили из нашего обзора этот аспект проблемы), заставляют надеяться на быстрое расширение диапазона его знаний и, как результат, на понимание значения и объяснительной ценности физиологических показателей для психолога.

Второй выход предполагает поиск новых моделей формализации. Надо ли в этом отношении надеяться на кибернетические модели, являющиеся развитием старой модели гомеостазиса, или же следует искать новые пути? Нам кажется, что эти модели вполне отвечают новым требованиям формализации активности биологических систем и в то же время их экспликативное значение столь очевидно, что они, по-видимому, могут дать универсальный язык науке о системах, в результате чего однажды обнаружится, что науки о поведении объединяет не только единая методика, но и единый объект (Шандессе, 1964). Надо признать, что эти соблазнительные перспективы реализуются слишком медленно. Аксиоматика этих моделей практически не разработана, а способы математической формализации, пригодные для обработки линейных систем, отступают перед нелинейностью, характеризующей системы поведения, равно как и большинство биологических систем, обладающих памятью и, следовательно, способностью к предваряющей регуляции.

Безрассудный энтузиазм, вызванный появлением этих новых идей, покажется, возможно, столь же неуместным, как и крайнее пренебрежение ими со стороны их противников. Необходимо терпеливое теоретическое обсуждение этих вопросов, которое, вне всякого сомнения, приведет к открытию и разработке новых способов формализации. Этот процесс уже начался. Предстоит преодолеть значительные трудности. Но дело стоит того, ибо от успешности этого начинания зависит дальнейший прогресс биологических наук.

- Adey W. R., Data acquisition and analysis techniques in a brain research institute, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1964, 115, 844—866.
- Adey W. R., Walter (D. O.), Hendrix C. E., Computer techniques in correlation and spectral analysis of cerebral slow waves during discriminative behavior, «Exper. Neurol.», 1961, 3, 501—524.
- Ax A. F., The physiological differentiation between fear and anger in humans, «Psychom. Med.», 1953, 15, 433—442.
- Bancaud J., Bloch V., Paillard J., Contribution E. E. G. à l'étude des potentiels évoqués chez l'homme au niveau du vertex, «Rev. Neurol.», 1953, 89, 399—418.
- Benussi V., Die Atmungssymptome in der Lüge, Arch. f. d. ges. Psychol., 1914, 31, 244—273.
- Biderman A. D., Zimmer H., Manipulation of human behavior, New York, Wiley, 1961.
- Bloch V., Nouveaux aspects de la méthode psychogalvanique ou électrodermographique (E. D. G.) comme critère des tensions affectives, «Année psychol.», 1952, 52, 329—362.
- L'utilisation d'enregistrements des phénomènes physiologiques, «Bull. Psychol.», 1954, 7, 654—658.
- Le contrôle central de l'activité électrodermale. Etude neurophysiologique et psychophysiologique d'un indice sympathique de l'activation réticulaire, Paris, Masson, 1965.
- Block J. D., Bridger W. H., The law of initial value in psychophysiology: a reformulation in terms of experimental and theoretical considerations, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1962, 98, 1229—1241.
- Brazier M. A. B., Les réseaux neuraux et l'intégration du comportement, in Perspectives cybernétiques en psychophysiologie, Paris, Presses Universitaires de France, 1951, 24—32.
- Computer techniques in E. E. G. analysis, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1961, suppl. № 20, 98 p.
- Bresson F., Psychologie et modèles physiologiques, «Bull. Psychol.», 1954, 7, 652—663.
- Burton A. C., Methods for measuring blood flow, in Peripheral circulation in man. Ciba foundation symposium, Boston, Little, 1954, p. 3—32.
- Chandessais C., Essai sur la formalisation dans les sciences du comportement, «Cybernetica», 1964, 2, 73—124.
- Essai sur la formalisation dans les sciences du comportement, «Cybernetica», 1964, 3, 149—202.
- Chapman R. M., Armington J. C., Bragdon H. R., A quantitative survey of Kappa and alpha E. E. G. activity, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1962, 14, 858—868.
- Clark R. K., MacFarland R. L., Bassan M., Integrated data collecting and processing systems in Psychophysiology, in: Tolles W. E., op. cit., 1964, 905—914.
- Clark W. A., Molnar C. E., The LINC: a description of the laboratory instrument computer, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1964, 115, 653—668.
- Coquery J.-M., Requin J., Influence du cycle cardiaque sur l'excitabilité réflexe médullaire chez l'Homme, «C. r. Soc. Biol.», 1964, 158, № 10, 1887.
- Darrow C. W., A new frontier: neurophysiological effects of emotion on the brain, in: Reymert M. L., op. cit., 1950, p. 247—260.
- Davis R. C., Methods of measuring muscular tension, «Psychol. Bull.», 1942, 39, 329—346.
- Response patterns, «Trans. N. Y. Acad. Sci.», 1957, Ser. II, 19, 731—739.
- Physiological psychology. A view of fifty years, in: Woodworth R. S., op. cit., 1958.
- Physiological responses as a mean of evaluating information, in: Biderman A. D., Zimmer H., op. cit., 1961, chap. 4, p. 142—163.

- Debecker J., Desmedt J. E., Manil J., Sur la relation entre le seuil de perception tactile et les potentiels évoqués de l'écorce cérébrale somato-sensible chez l'Homme, «C. r. Acad. Sci.», Paris, 1965, 260, 687—689.
- Dernt H., Walsh J. B., Analysis of complex waveform, in: Nastuk W. L., op. cit., 1963, Part B, p. 99—218.
- Dodge R., A systematic exploration of a normal knee jerk, its technique, the form of the muscle contraction, its amplitude, its latent time and its theory, *Z. allg. Physiol.*, 1910, 12, 1—58.
- Dongier S., Gastaut Y., Dongier M., Enregistrement polygraphique de l'effet de surprise. Relations entre les résultats obtenus et les données cliniques, in: Fischgold H., Gastaut H., op. cit., 1957, p. 125—132.
- Drohocki L., Électrospectrographie du cerveau (première partie), *Electronique Med.*, 1961, № 13—14, 5—10. Électrospectrographie du cerveau (deuxième partie), *Electronique Med.*, 1962, № 17—18, 11—16.
- Duffy E., Activation and behavior, New York, Wiley, 1962.
- Dykman R. A., Ackerman P. T., Galbrecht C. R., Reese W. G., Physiological reactivity to different stressors and methods of evaluation, «*Psychosom. Med.*», 1963, 25, 37—59.
- Dykman R. A., Reese W. G., Galbrecht C. R., Thomasson P. J., Psychophysiological reactions to novel stimuli. Measurement, adaptation and relationship of psychological and physiological variables in the normal human, «*Ann. N. Y. Acad. Sci.*», 1959, 79, 43.
- Ellingson R. J., Brain waves and problems of psychology, «*Psychol. Bull.*», 1956, 53, 1—34.
- Engel B. T., Stimulus-response and individual-response specificity, «*Arch. gen. Psychiat.*», 1960, 2, 305—313.
- Farrier R. M., Patient monitoring in the hospital, «*Ann. N. Y. Acad. Sci.*», 1964, 118, 389—399.
- Féré C., De la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielles et des émotions, «*C. r. Soc. Biol.*», Paris, 1888, 5, 217—219.
- Fessard A., Diversité et unité de la psychophysiologie, «*Bull. Psychol.*», 1954, 7, 603—687.
- Fischgold H., Gastaut H., Conditionnement et réactivité en électroencephalographie, «*E. E. G. clin. Neurophysiol.*», suppl., № 6, Paris, Masson, 1957.
- Fraisse P., Voillaume C., Capacité d'appréhension, niveau d'attention et blocage du rythme α , «*Rev. Neurol.*», 1961, 104, 225.
- Freeman G. L., Physiological psychology, New York, Van Nostrand, 1948.
- The energetics of human behavior, Ithaca, N. Y., Cornell Univ. Press, 1948.
- Freeman G. L., Katzoff E. T., Methodological evaluation of the galvanic skin response, with special reference to the formula for RQ Recovery Quotient, «*J. exp. Psychol.*», 1942, 31, 239—248.
- Fry D. L., Physiologic recording by modern instruments with particular reference to pressure recording, «*Physiol. Rev.*», 1960, 40, 753—788.
- Gastaut H., Bacher F., Bert J., Blanc-Garin J., Fessard A., Fraisse P., Lee Van Goethem M., Roger A., Relations entre les variables électroencéphalographiques et celles exprimant la personnalité et les fonctions sensori-motrices, «*Rev. Neurol.*», 1959, 101, 320—390.
- Gauchet E., Lambert R., Violet J., Le calcul automatique en psychologie, Paris, Presses Universitaires de France, 1965.
- Gerin P., Notions d'électronique appliquées à la biologie, Paris, Masson, 1966.
- Gonik U., Blumberg S., Psychophysiological correlates of personality test variables and of some properties of auditory stimuli, «*Texas Rep. Biol. Med.*», 1963, 21, 198—206.
- Gonik U., Gladfelter J., Psychophysiological reactivity scaling for G. S. R., heart rate and digital pulse volume: an elaboration of a quantification method, «*Texas Rep. Biol. Med.*», 1963, 21, 337—347.
- Katz G., Webb G., Sorem A., Recording and display in: Nastuk W. L., op. cit., 1964, Part A. p. 373—447.

- Katzman R., Sensory evoked response in man, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1964, 112, 1—546.
- Knapp P., Expression of the emotions in man, New York, International University Press, 1963.
- Lacey J. I., The evaluation of autonomic responses: toward a general solution, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1956, 67, 125—164.
- Lacey J. I., Lacey B. C., The relationship of resting autonomic activity to motor impulsivity, «Res. Publ. A. Nerv. Ment. Dis.», 1958, 16, 144—209.
- Lacey J. I., Kagan J., Lacey B. C., Moss H. A., The visceral level: situational determinants and behavioral correlates of autonomic response patterns, in: Knapp P., op. cit., 1963, chap. 9, 161—196.
- Lapicque L., La machine nerveuse, Paris, Flammarion, 1943.
- Lazarus R. S., Speisman J. C., Mordkoff A. M., The relationship between autonomic indicators of psychological stress: heart rate and skin conductance, «Psychosom. Med.», 1963, 25, 19—30.
- Lehrman D. S., Hinde R. A., Shaw E., Advances in the study of behavior, I, New York, Academic Press, 1965.
- Lion K. S., Transducers, in: Nastuk W. L., op. cit., 1964, Part A, p. 234—276.
- Lipton E. L., Steinschneider A., Richmond J. B., Autonomic function in the neonate. II, Physiologic effect of motor restraint, «Psychosom. Med.», 1960, 22, 57—65.
- MacCurdy H. G., Consciousness and the galvanometer, «Psychol. Rev.», 1950, 57, 322—327.
- MacGinnies E., Emotionality and perceptual defence, «Psychol. Rev.», 1949, 56, 244—251.
- Malmo R. B., Activation, A neurophysiological dimension, «Psychol. Rev.», 1959, 66, 367—386.
- Malmo R. B., Shagass C., Davis J. F., Electromyographic studies of muscular tension in psychiatric patients under stress, «J. Clin. exp. Psychopathol.», 1951, 12, 45—66.
- Mulholland T., Runnals S., Evaluation of attention and alertness with a stimulus-brain feedback loop, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1962, 14, 847—852.
- Nastuk W. L., Physical techniques in biological research. VI. Electrophysiological methods, Part B, New York, Academic Press, 1963.
- Physical techniques in biological research. V. Electrophysiological methods, Part A, New York, Academic Press, 1964.
- Okajima M., Stark L., Whipple G., Yasui S., Computer pattern recognition techniques: some results with real electrocardiographic data, I. E. E. E. «Trans. Biomed. Electron.», 1963, B. M. E., 10, 106—114.
- Oken O., Heath H. A., The law of initial values: some further considerations, «Psychosom. Med.», 1963, 25, 3—12.
- Paillard J., Élément d'une étude psychophysiologique du tonus musculaire, «Bull. Psychol.», 1954, 7, 646—653.
- Réflexes et régulations d'origine proprioceptive chez l'Homme, thèse Doctorat ès Sciences, Paris, Arnette, 1955.
- Les attitudes motrices, in Les attitudes, Paris, Presses Universitaires de France, 1961, p. 1—31.
- Pieron H., L'analyse du réflexe rotulien, «Rev. Neurol.», 1910, 18, 597—599.
- De l'apport actuel de la neurophysiologie à la psychologie, «Année psychol.», 1953, 53, 279—319.
- Des apports que la psychologie peut fournir à la physiologie, «Bull. Psychol.», 1954, 7, 599—602.
- Reese W. G., Dykman R. A., Galbrecht C. R., Psychophysiological reactions of «normals» and psychiatric patients, «Psychiat. Res. Rep. Amer. Psychiat.», 1961, 91—103.
- Requin J., Rôle de la périodicité cardiaque dans la latence d'une réponse motrice simple, «Psychol. franc.», 1965, 10, 155—163.

- Quelques problèmes théoriques et méthodologiques posés par l'étude psychophysiologique de l'attitude préparatoire à l'action. «Cah. Psychol.», 1965, 8, № 2—4, 101—113.
- Requin J., Brouchon M., Mise en évidence chez l'Homme d'une fluctuations des seuils perceptifs visuels dans la période.
- Reymert M. L., Feelings and emotions. The Mooseheart symposium, New York, McGraw Hill, 1950.
- Rochacher H., Permanente rhythmische Mikrobewegungen des Warmblüeter Organismus (Mikrovibration), «Naturwiss.», 1962, 7, 145—150.
- Schneirla T. C., Aspects of stimulation and organization in approach-withdrawal processes underlying vertebrate behavioral development, in; Lehman D. S., Hinde R. A., Shaw E., op. cit., 1965, p. 1—74.
- Schoenfeld R. L., Bioelectric amplifiers, in: Nastuk W. L., op. cit., 1964, Part A, p. 277—352.
- Silder W., King K., Fundamentals of digital and analog computers, in: Nastuk W. L., op. cit., 1963, Part B, p. 1—75.
- Speisman J. C., Osborn J., Lazarus R. S., Cluster analysis of skin resistance and heart rate at rest and under stress, «Psychosom. Med.», 1961, 23, 323—343.
- Spong P., Haider M., Lindsley D. B., Selective attentiveness and cortical evoked responses to visual and auditory stimuli, «Science», 1965, 148, № 3668, 393—397.
- Stark L., Stability, oscillations, and noise in the human pupil servomechanism «Proc. of the I. R. E.», 1959, 47, № 11, 1925—1939.
- Staudt U. M., Kubis J. F., The psychogalvanic responses (P. G. R.) and its relation to changes in tension and relaxation, «J. Psychol.», 1948, 25, 443—453.
- Takahashi K., Factor analysis of autonomic regulating system «Bull. Intern. Statist. Institute», 1961, 38, Part III, 169—195.
- Tolles W. E., Computers in medicine and biology, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1964, 115, 543—1140.
- Vigouroux R., Sur le rôle de la résistance électrique des tissus dans l'électrodiagnostic, «C. r. Soc. Biol.», Paris. 1879, 31, 336—339.
- Walsh E. G., Visual reaction time and the alpha rhythm, An investigation of a scanning hypothesis, «J. Physiol.», 1952, 118, 500—508.
- Walter D. O., Spectral analysis for electroencephalograms. Mathematical determination of neurophysiological relationships from records of limited duration, «Exper. Neurol.», 1963, 8, 155—181.
- Welford N. T., The S. E. T. A. R. and its use for recording physiological and behavioral data, «I. R. E. Trans. Bio. Med. Electronics», 1962, 9, 185—189.
- Wendt G. W., Methods of recording action, «Arch. Psychol.», 1938.
- Wenger M. A., Studies of autonomic balance in Army Air Forces Personnel, «Compar. Psychol. Monogr.», 1949, 19, № 4, serial, № 101.
- Wenger M. A., Clemens T. L., Coleman O. R., Cullen T. D., Engel B. T., Autonomic response specificity, «Psychosom. Med.», 1961, 23, 185—193.
- Wilder J., The law of initial value, in Neurology and Psychiatry: facts and problems, «J. nerv. ment. Dis.», 1957, 125, 73—86.
- Modern psychophysiology and the law of initial value, «Amer. J. Psychother.», 1958, 12, 199.
- Wolbarscht M. L., Interference and its elimination, in: Nastuk W. L., op. cit., 1964, Part A, p. 353—373.
- Woodworth R. S., Experimental psychology, New York, Holt, 1958. Anniversary volume. Contemporary psychological issues, New York, Holt, 1958.
- Yasui S., Whipple G. H., Stark L., Comparison of human and computer electrocardiographic wave form classification and identification, «Amer. Heart. J.», 1964, 68, 236—242.

Глава IX

УРОВНИ БОДРСТВОВАНИЯ И ВНИМАНИЕ

Винсент Блок

СОДЕРЖАНИЕ

I. Понятие бодрствования. Определения	97
II. Основные механизмы регуляции бодрствования	102
§ 1. Сенсорная динамогенная, 102; § 2. Активирующая ретикулярная формация, 103	
III. Показатели бодрствования	108
§ 1. Данные электроэнцефалографии, 108; § 2. Данные электродермо- графии, 111; § 3. Расхождения между показателями бодрствования, 112	
IV. Сон	112
V. Состояние бодрствования	114
§ 1. Пробуждение, 114; § 2. Уровни бодрствования, 120	
VI. Внимание	123
§ 1. Пробуждение внимания, 124; § 2. Внимание как уровень бодр- ствования, 130; § 3. Концентрация внимания, 133	
Библиография	142

I. ПОНЯТИЕ БОДРСТВОВАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Когда мы производим классификацию поведенческих актов, мы исходим из их направленности, целей или мотивов. Мы можем таким образом определить известное число специфических действий, таких, как бегство или нападение, поиски пищи или сексуального партнера, приобретение новых форм поведения и их забывание, разумное приспособление к новым ситуациям, коммуникации и т. д. Однако действия не сводятся только к этому *качественному* аспекту — их направленности, они обладают также величиной, *интенсивностью*. Действия, направленные на достижение одной и той же цели, могут быть совершены при небольшой затрате энергии, в состоянии, близком к дремоте, или, напротив, при большой затрате сил, в состоянии

сильного возбуждения. Эти различия в интенсивности могут оцениваться либо с чисто субъективной точки зрения — мы будем говорить в таком случае о степени поглощенности действием, о том, что действие выполняется автоматически или, наоборот, требует определенного усилия, напряжения, — либо с объективной точки зрения. В последнем случае мы должны определить уровень нервного и соматического функционирования, лежащего в основе рассматриваемого поведения. Но при обеих гипотезах следует принимать во внимание *продуктивность* поведения, то есть отношение между произведенной работой и затраченной энергией, психической или органической.

В психологическом плане понятие психической интенсивности (*dynamisme mental*) имеет давнюю историю. Обыденный язык признает уже существование нравственной силы, напряжения духа, умственной энергии и т. д. Наиболее систематизированную концепцию иерархии психических явлений, основанную на оценке ментальных уровней, мы находим у Жане (1923). Он противопоставляет автоматические рефлекторные действия высшим интеллектуальным действиям не только в силу их меньшей сложности и меньшей степени развития, но также и потому, что они предполагают меньшее психическое напряжение. Психическое напряжение определяется, следовательно, как способность переходить от одного уровня поведения к другому. Но это напряжение для Жане означает нечто большее, чем простая сила (*force*) — которую автор противопоставляет напряжению, — ибо последнее предполагает эффективное и соответствующее ситуации *использование энергии*.

В физиологическом плане обнаружением энергетической мобилизации, осуществляемой организмом в чрезвычайной ситуации, требующей быстрого и эффективного приспособления к изменениям внешней среды, мы обязаны Кеннону (1915). Из своих знаменитых исследований, посвященных страху и гневу, он сделал вывод, что активация симпатической системы, приводящая к выделению в кровь адреналина, облегчает выполнение важных двигательных и вегетативных функций, прямо или косвенно участвующих в жизнедеятельности организма. Не углубляясь в детали спора, который был вызван таким телеологическим взглядом на эмоцию, скажем, что подобная концепция, согласно которой эмоция характеризуется определенной степенью расхода энергии, позднее была распространена Пьероном (1927), а затем многими американскими авторами (Скиннер, 1938; Фримен, 1948; Даффи, 1962) на все виды поведения. Эти авторы, как и Жане, признают существование иерархии поведения, однако они считают, что уровни интенсивности не являются чисто психическими, а характеризуют функционирование организма в целом. Уровни поведения зависят, следовательно, от степени мобилизации органической энергии. Самое

систематическое изложение этой идеи мы находим в книге Дж. Л. Фримена «The energetics of human behavior» (1948) и серии статей Элизабет Даффи, недавно собранных в книгу (1962).

Современные психофизиологи часто вместо понятия «степень энергетической мобилизации» пользуются понятием «активация». *Активация* означает одновременно и быстрое повышение активности центральной нервной системы, и вызванную им интенсификацию периферических процессов¹. Этот термин в строгом смысле выражает, следовательно, изменение состояния. Вот почему нам кажется несколько двусмысленным говорить об *уровне* или *степени* активации (Мальмо, 1959) и предпочтительнее употреблять это выражение только в том случае, когда подразумевается повышение уровня активации.

Понятие «активация» обязано своим успехом «теории активации», предложенной в 1951 г. Линдсли для объяснения эмоциональных явлений. Как и предыдущих авторов, Линдсли удивил тот факт, что между эмоциональным и неэмоциональным поведением нет различия по существу, а есть лишь различие в интенсивности и что эмоция — это только крайнее выражение проявлений, наблюдаемых в какой-то степени при всех ответах. Теория Линдсли получила подтверждение в недавних физиологических открытиях, касающихся нервных структур, ответственных за поддержание состояния бодрствования; Линдсли рассматривал эмоцию как явление активации нервных процессов, подобное — но более интенсивное — тому, которое выражается в переходе от состояния сна к состоянию бодрствования. В самом деле, когда было установлено, что одна и та же структура ответственна за пробуждение и эмоциональные реакции, стало возможным считать, что промежуточные изменения возбуждения отражают также изменения тонуса этой структуры. Действительно, как мы увидим в дальнейшем, поведение обусловлено колебаниями возбуждения, которые в первом приближении образуют *континуум*. Схематически это понятие можно выразить, представив изменения в функционировании нервных процессов на шкале, нижняя граница которой соответствовала бы состоянию сна, а верхняя — такому сверхвозбуждению, как ярость.

Объем и сложность обмена организма с внешней средой, его приспособительные возможности на первый взгляд являются функцией уровня активности центральных нервных структур. Вот почему об изменениях величины нервной активности обычно судят по их *поведенческим* проявлениям, то есть по изменениям уровня *бодрствования*. Так, считается, что активация

¹ И следовательно, энергетическую мобилизацию, необходимую для этой интенсификации.

нервных процессов влечет за собой повышение уровня бодрствования. Это значит, что бодрствование обнаруживает непрерывные изменения, степени которых являются функцией уровня активности нервных процессов. Такая корреляция между уровнями психической активности подчеркивалась уже Хедом (1923), который и ввел термин «*бодрствование*» в неврологию. Хед сознательно употреблял этот многозначный термин как в его этимологическом смысле, то есть в психологическом плане, так и в смысле *функционального состояния нервных центров*, то есть в физиологическом плане. Он определял бодрствование как физиологическую способность, лежащую в основе адаптивной активности независимо от модальности последней. Вот почему Хед мог описывать изменения уровня бодрствования относительно к субстрату (мозг лягушки или человека). Следовательно, нет большой разницы между тем, что Хед называл бодрствованием, и тем, что современные нейрофизиологи называют *возбудимостью* или *тонусом*, однако термин «бодрствование» явно предполагает связь между иерархией поведения и уровнями активности нервных центров.

Успеху этого термина, как мы увидим, особенно способствовал прогресс электроэнцефалографии (ЭЭГ): в самом деле, в ЭЭГ достаточно хорошо различимы *уровни* активности, которые обнаруживают хорошую корреляцию с определенными стадиями поведения.

Нам кажется, однако, что необходимо более осторожно и четко разграничивать эти два аспекта исследования: поэтому мы будем говорить, с одной стороны, об уровнях нервной активности, возбудимости или тонуса, а с другой — об уровнях бодрствования, являющихся их выражением в плане поведения. Возврат к первоначальному значению слова «бодрствование» представляется нам тем более оправданным, что в последние годы вслед за Макворстом (1950) этим термином стали все больше заменять термин «внимание» в исследованиях по прикладной психологии и обозначать им в более ограниченном смысле способность обнаружения непредвиденных и близких к порогу различения сигналов (см. Бюкнер и МакГрейт, 1963).

Итак, мы допустили, что между сном и состоянием крайнего возбуждения существует ряд уровней пробуждения (*d'éveil*) или уровней бодрствования, составляющий диапазон интенсивности поведения. Изменения уровня бодрствования вызываются изменениями тонуса нервных центров: всякая нервная активация должна выражаться в усилении бодрствования. Согласно этой схеме, нет существенного различия, например, между реакцией пробуждения, при которой возбуждение нервных процессов выражается в переходе от сна к бодрствованию, и пробуждением внимания, при котором более значительная

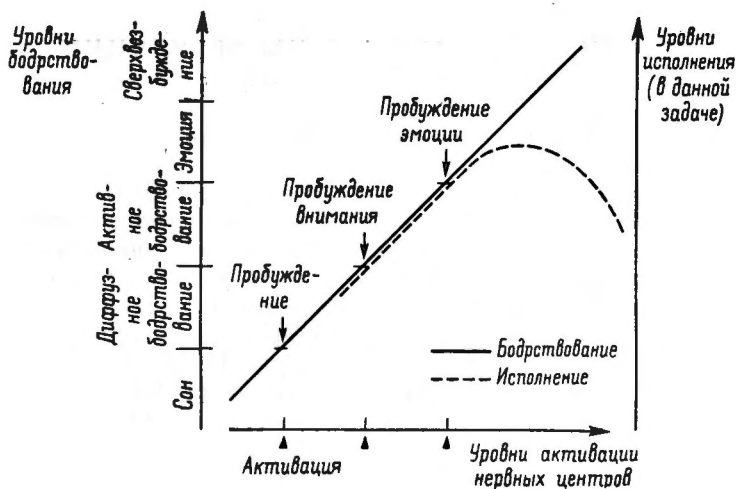


Рис. 1. График зависимости между уровнями бодрствования, уровнями активности нервных центров и уровнями исполнения задания (см. текст).

активация вызывает переход от диффузного бодрствования к активному вниманию; точно так же еще более интенсивная активация может объяснять переход к эмоциональному возбуждению (рис. 1).

Мы воспользуемся этой простой схемой, поскольку она позволяет легко описать главные стадии бодрствования. Однако она требует двух *очень важных* оговорок.

1. Если в первом приближении можно считать, что активность нервных центров минимальна во время сна и максимальна в состоянии ярости и что, таким образом, существует некий *континуум* состояний по интенсивности, то, как мы увидим, такое на первый взгляд очевидное представление, по видимому, не подтверждается недавними работами, обнаружившими *качественные* различия в уровнях нервной активности.

2. Представление о последовательном увеличении бодрствования не предполагает, однако, что приспособительные возможности организма так же монотонно возрастают. Начиная с какого-то достаточно высокого уровня бодрствования большинство действий нарушается, и теоретически для каждого типа адаптивного поведения существует *оптимальный уровень* бодрствования (см. рис. 1) — понятие, значение которого подчеркивали Фримен (1948) и Хебб (1955).

II. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ БОДРСТВОВАНИЯ

§ 1. Сенсорная динамогения

До недавнего времени физиологи интересовались скорее изучением механизмов сна, чем механизмов, регулирующих поддержание состояния бодрствования, ибо это последнее рассматривалось как нечто первично данное. Однако ряд экспериментов показал, что уровень стимуляции, исходящей из внешнего мира, может частично детерминировать состояние бодрствования. Сперанский и Галкин, как писал И. П. Павлов, лишая собак экспериментальным путем зрения, слуха и обоняния, смогли вызывать у них почти непрерывный сон. Озорио де Альмейда и Пьерон (1924) продемонстрировали роль тонических тактильных воздействий в поддержании уровня бодрствования у лягушки. Однако важное понятие *сенсорной динамогении* ввел в 1935 г. Бремер. Он сравнивал ЭЭГ при двух типах перерезки ствола мозга: а) на уровне шейных позвонков (препарат, называемый «*encéphale isolé*») и б) на уровне моста (препарат «*cerveau isolé*»). В первом случае записи биоэлектрической активности не отличались от ЭЭГ нормальных животных, тогда как во втором случае в ЭЭГ постоянно присутствуют медленные волны большой амплитуды, характерные для состояния сна. В препаратах, называемых «*cerveau isolé*», коры достигают только зрительные и обонятельные афферентные раздражения, поскольку сигналы, передаваемые другими черепномозговыми нервами (в частности, слуховым и тройничным), прерваны перерезкой моста. Бремер сделал отсюда вывод, что, когда центральная нервная система лишается большей части стимуляции, исходящей из внешнего мира, наступает сон; соответственно поддержание состояния бодрствования является результатом динамогенического действия, оказываемого ощущениями.

Следует подчеркнуть, что это важное понятие сенсорной динамогении лежит в основе ряда современных исследований, относящихся к экспериментальной сенсорной депривации. Как известно, эти работы, впервые проведенные в лаборатории Хебба и составляющие ныне важную область экспериментальной психологии, показали, какие нарушения в восприятии, интеллекте и личности вызывает даже частичная и относительно кратковременная сенсорная изоляция.

Идеи Бремера получили косвенное подтверждение в работах Моруцци и Мэгуна, открывших функциональные свойства ретикулярной формации ствола мозга. Эти структуры фактически ответственны за поддержание состояния бодрствования,

причем степень их активности сама отчасти зависит от сенсорных влияний. Однако вопреки тому, что можно предположить на основании экспериментов Бремера, сенсорная динамогенная проявляется не в форме прямой активации мозговой коры специфическими сигналами; она воздействует прежде всего на ретикулярную формацию, активность которой в свою очередь регулирует функциональное состояние коры, двигательных и вегетативных центров. Было установлено, что кортикальный сон препаратов «cerveau isolé» Бремера вызывался не перерезкой специфических сенсорных путей к коре, а устранением влияний, оказываемых на нее ретикулярной формацией.

§ 2. Активирующая ретикулярная формация

В основании мозга, в центральной области ствола, от продолговатого мозга до гипоталамуса простирается структура, издавна известная анатомам под названием *ретикулярной формации*.

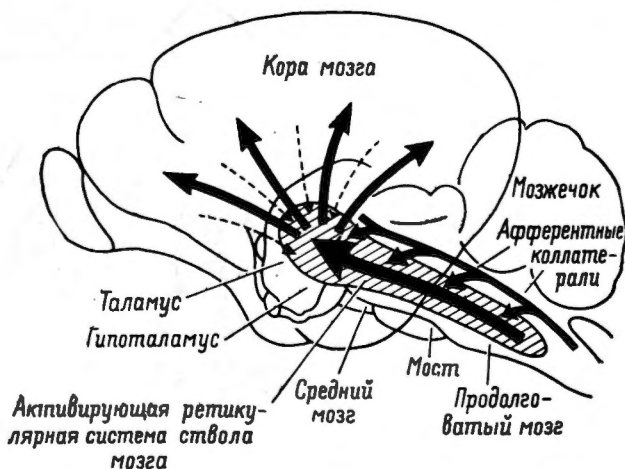


Рис. 2. Схематическое изображение мозга кошки, показывающее расположение ретикулярной формации, распределение коллатералей афферентных путей и активирующие кортикальные проекции (по Старцлу Т. Э., Тэйлору С. У. и Мэгуну Г. У.)

мации (рис. 2). Она получила это название из-за своего сетчатого строения, поскольку она состоит из значительного числа нервных клеток (в ней содержится 9/10 клеток всего ствола мозга), сплетенных и связанных между собой сетью соединительных клеток (рис. 3). Ретикулярная формация, которая су-

нервной информации. Эта информация поступает из внешней среды в форме центростремительных нервных импульсов от органов чувств и из внутренней среды через посредство проприоцепторов и интероцепторов; она создается также стимуляцией, вызываемой изменениями химического состава крови — увеличением количества адреналина (Бонвалле, Делл и Хибел, 1954) или углекислого газа (Южлен, Бонвалле и Делл, 1959), циркулирующего в организме. Затем она возвращается в организм в форме центробежных нервных импульсов, которые оказывают облегчающее влияние на двигательную, вегетативную системы и кору мозга¹.

Действительно, можно показать, что:

а) Активирующая ретикулярная формация (АРФ) является местом конвергенции всех сенсорных путей. От каждого рецептора, например глаза, уха, тактильных клеток, рецепторов натяжения и движения мышц и т. д., отходящие нервные волокна, которые после определенного числа реле-ядер достигают рецепторных зон коры: по этим волокнам передаются нервные импульсы, которые информируют нас о любом изменении внешней среды или нашего положения по отношению к ней. Те же самые волокна, когда они проходят на уровне ствола мозга, дают разветвления, уходящие в массу ретикулярной формации и называемые коллатералиями (рис. 3). Электрофизиологическая техника позволила показать, что в одном и том же пункте этой структуры и даже на одном и том же нейроне могут конвергировать импульсы, поступающие от рецепторов разной модальности. Эти импульсы, идущие по коллатералиям, по-видимому, теряют свой специфический характер и выполняют информационную роль в АРФ только посредством своего общего объема. Мы можем, таким образом, представить себе, что всякая стимуляция, воздействующая на организм, имеет двойное назначение: она доставляет специфическую информацию по специфическим путям и одновременно увеличивает общий количественный показатель через посредство такой рассеянной структуры, какой является ретикулярная формация.

¹ Понятия сенсорной и ретикулярной динамогении не предполагают, что нервная система получает *энергию* в собственном смысле слова из внешней среды и передает ее эффекторным органам. Нервная система передает не энергию, а информацию в форме цифрового кода (частота импульсов), и эта информация вызывает в пункте ее назначения облегчающее или тормозное влияние. Когда говорят, что активирующая ретикулярная формация является неспецифической системой, этим хотят сказать только, что эта структура, по-видимому, особенно чувствительна к общему количеству импульсов, поступающих к ней, и менее чувствительна к формальному содержанию сообщений. Однако, как мы увидим в дальнейшем, значение некоторых особенно важных сообщений может быть распознано уже на уровне подобных структур.

б) В зависимости от количества импульсов, поступающих по коллатералям специфических сенсорных путей, и химических изменений внутренней среды ретикулярная формация обнаруживает различные уровни активности, которые многие психологи называют изменениями *ретикулярного тонуса*.

Эти изменения ретикулярного тонуса обнаруживаются по их влиянию на активность мозговой коры и возбудимость двигательных и вегетативных систем.

в) Действительно, активность ретикулярной формации оказывает генерализованное облегчающее влияние. Аксоны ретикулярных нейронов образуют восходящие эфферентные пути к мозговой коре и нисходящие к мотонейронам и симпатическим эффекторным нейронам мозга (рис. 3).

Восходящие ретикулофугальные пути диффузно проецируются на всю мозговую кору. Следствием такой проекции, которая захватывает все зоны коры, является то, что всякое повышение ретикулярного тонуса влечет за собой общую *активацию* коры. Эта активация при электроэнцефалографической регистрации выражается в классической «реакции блокады» или реакции пробуждения, то есть в исчезновении медленных волн большой амплитуды, характерных для сна и состояния покоя, и замене их волнами высокой частоты и малой амплитуды.

Нисходящие ретикулофугальные пути осуществляют облегчающее влияние на мотонейроны спинного мозга и вызывают, следовательно, снижение порога двигательных реакций и повышение позного тонуса. Наконец, эти пути проецируются также на спинномозговые нейроны симпатической системы, и ретикулярная активация вызывает ускорение сердечного ритма, повышение артериального давления, расширение зрачка, электрокожные разряды и т. д. Важно подчеркнуть, что все эти облегчающие влияния оказываются *одновременно* и исходят из *одних и тех же областей* ретикулярных структур, составляющих, таким образом, *единую функциональную систему*¹. Это значит, что ретикулярная активация вызывает *одновременно* увеличение активности коры мозга, снижение порогов двигательных реакций и усиление симпатических функций. В плане

¹ В результате первых экспериментов Мэгюна и Райнеса было высказано предположение о существовании двух активирующих систем: восходящей активирующей системы, оказывающей влияние на кору мозга, и нисходящей активирующей системы, облегчающей функционирование двигательных нейронов. Однако данные экспериментальных работ Южлена и Бонвалле (1957) позволили сделать вывод, что восходящие, облегчающие влияния на кору и нисходящие влияния на двигательную систему осуществляются одними и теми же областями ретикулярной формации. Кроме того, Блоку и Бонвалле (1960) и Бонвалле и Зброзине удалось доказать, что раздражение одних и тех же областей этих формаций оказывает одновременное действие на кору, двигательную и симпатическую системы.

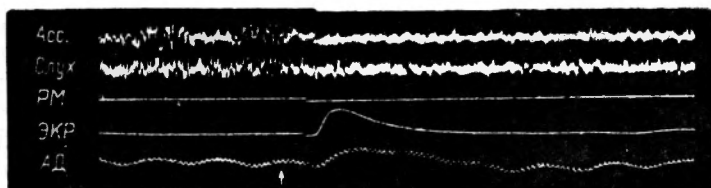


Рис. 4. Одновременное воздействие сенсорной стимуляции на кортикальные двигательные и вегетативные функции. Слуховой стимул (щелчок) вызывает реакцию пробуждения на электрокортикограмме (ассоциативная и слуховая кора), облегчение моносинаптического рефлекса (РМ), электрокожной реакции (ЭКР), повышение артериального давления (АД). Все эти влияния стимула на активирующую ретикулярную формацию осуществляются через посредство коллатералей центральных чувствительных путей. Прямое раздражение ретикулярной формации влечет за собой аналогичный эффект. (По Блоку В.)

поведения подобный процесс способствует более многообразному и богатому взаимодействию между организмом и внешним миром: иначе говоря, он ведет к повышению уровня бодрствования.

г) Существует множество экспериментальных доказательств роли активирующей формации в регуляции бодрствования.

В то время как при экспериментальных перерезках специфических сенсорных путей к коре мозга реакция пробуждения у животных еще возникает, обширные повреждения АРФ погружают их в состояние оцепенения, сопровождающегося ЭЭГ, характерной для непрерывного сна. Установлено также, что снотворные агенты (гарденаль, барбитураты) воздействуют именно на ретикулярную формацию.

С другой стороны, у спящих животных электрическая стимуляция АРФ вызывает пробуждение, сопровождающееся картиной активации на ЭЭГ и облегчением двигательных и вегетативных функций. Важно отметить, что это влияние аналогично тому, которое можно получить посредством достаточно интенсивного раздражения специфических сенсорных путей (см. рис. 4).

Такое ретикулярное возбуждение можно вызывать в «хроническом» опыте у бодрствующих и свободно передвигающихся животных с помощью предварительно вживленных электродов, связанных с аппаратами стимуляции и энцефалографом либо посредством длинных проводов, либо радиоэлектрическим путем. Одновременный анализ поведения и ЭЭГ таких животных представляет значительный интерес для изучения регуляции бодрствования. В самом деле, если очень постепенно увеличивать интенсивность стимуляции начиная с очень слабой, то можно

получить у животных всю последовательность поведенческих реакций, от сна до ярости в соответствии с *континуумом*, о котором шла речь выше. Последовательно наблюдается приподнимание головы, открывание глаз, исследовательские движения головой, выпрямление тела, поисковые перемещения; затем эта активность усиливается и, когда уровень возбуждения достигает высоких значений, превращается в беспорядочное возбуждение, сопровождающееся признаками вегетативного расстройства.

Эти наблюдения показывают, что одни и те же области нервной системы — в зависимости от степени их возбуждения — могут определять изменения в уровне бодрствования, обуславливающие столь различное поведение, как простое пробуждение, реакция внимания без определенной цели, эмоциональная разрядка. Эти нервные структуры, по-видимому, ответственны за изменения поведения по интенсивности, сопровождающие изменения, связанные с его направленностью (см. стр. 97).

Поэтому при изложении мы будем исходить из того, что существует единая шкала бодрствования, на которой пробуждение от сна и мобилизация внимания (и мы могли бы добавить эмоциональное пробуждение) представляют собой переход от одного уровня бодрствования к другому в соответствии со степенью ретикулярной активации. В согласии с этой схемой мы последовательно остановимся на таких проблемах, как сон, пробуждение и уровни бодрствования, пробуждение внимания и внимание как процесс.

III. ПОКАЗАТЕЛИ БОДРСТВОВАНИЯ

Физиологические показатели были рассмотрены нами в главе VIII, поэтому здесь мы коснемся лишь некоторых данных, тесно связанных с изменениями бодрствования.

§ 1. Данные электроэнцефалографии (ЭЭГ)

Начиная с первых работ Бергера (1929), как уже говорилось выше, именно результаты, полученные с помощью ЭЭГ, и сделали реальными представления о шкале бодрствования.

У всех изученных позвоночных изменения уровня бодрствования отражаются на ЭЭГ сходным образом: состояния сна и спокойного бодрствования характеризуются ритмическими высокочастотными электрическими корковыми потенциалами низкой частоты; при повышении уровня бодрствования уменьшается амплитуда и ритмичность потенциалов с одновремен-

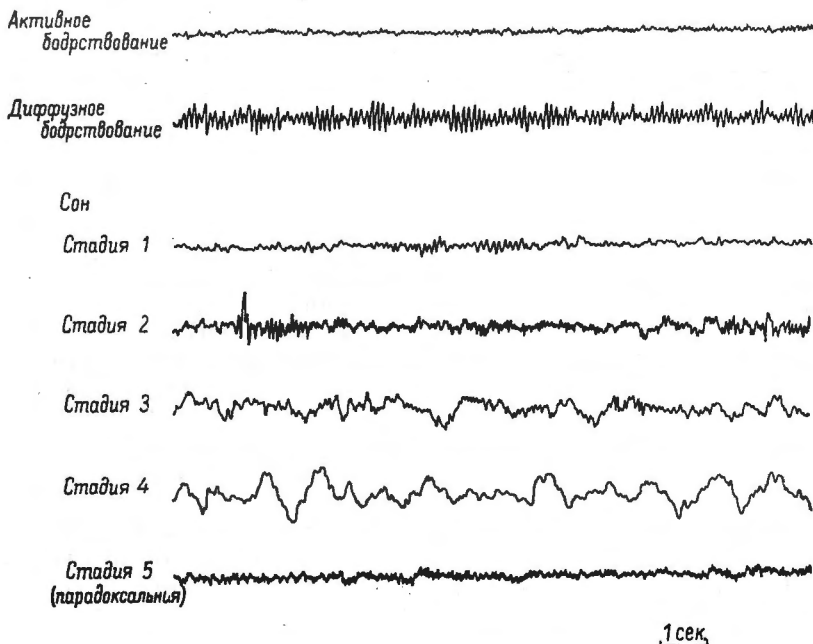


Рис. 5. Основные стадии бодрствования, различимые на электроэнцефалограмме человека.

Активное бодрствование: «десинхронизированная» кривая, быстрая низко-вольтовая активность.

Диффузное бодрствование: «альфа»-ритм (8—12 гц) в виде характерных веретен.

Сон. Стадия 1: очень легкий сон, «альфа»-активность уменьшается, частота убывает («тета»-ритм). Стадия 2: легкий сон со всплесками «сигма»-активности (8—15 гц), называемыми «веретенами», появление потенциалов, вызванных внешними стимулами (К -- комплексы, см. левую часть записи). Стадия 3: появление полиморфных «дельта»-волн (1—3 гц). Стадия 4: глубокий сон, генерализация мономорфных «дельта»-волн. Стадия 5: «парадоксальный» (вероятно, глубокий) сон, характеризующийся ЭЭГ, не отличимой от ЭЭГ бодрствования. (Об этом последнем состоянии судят по другим критериям: движениям глаз, падению мышечного тонуса и т. д.)

ным увеличением их частоты. После наблюдений Эдриана и Мэтьюса стало общепризнанным, что в первом случае ритмическая активность является результатом синхронизации деятельности многочисленных корковых элементов, а во втором — результатом их десинхронизации. Вот почему часто говорят о «синхронизированной» активности для обозначения типа ЭЭГ сна или диффузного бодрствования и «десинхронизированной активности» в случае активного бодрствования.

У человека можно выделить 5 характерных *стадий* ЭЭГ, которые представлены на рис. 5. Эти стадии довольно хорошо соответствуют различным уровням бодрствования, установленным по изменениям поведенческих ответов.

Однако следует отметить, что изменения ЭЭГ не составляют единый *континуум*: скорее мы имеем дело с последовательностью различных состояний. Формы перехода от одного состояния к другому мало изучены, за исключением случая перехода от синхронизированной ЭЭГ к десинхронизированной: это «реакция пробуждения» или «реакция блокады» α -ритма.

Мы обладаем многочисленными экспериментальными доказательствами того, что эта реакция блокады или пробуждения отражает *кортикальные проявления ретикулярной активации*.

Исходя из этого бесспорного факта, делают вывод, что чем больше десинхронизирована ЭЭГ, тем значительнее ретикулярный тонус и выше уровень бодрствования¹. Однако на рис. 5 отчетливо видно, что если электроэнцефалографический показатель дает информацию в отношении самых низких уровней шкалы бодрствования, то он плохо отражает, особенно у человека, изменения состояния, возникающие после реакции блокады α -ритма, то есть высокие уровни бодрствования, которые являются как раз самыми интересными для психофизиолога. В состоянии бодрствования можно, следовательно, различить только две стадии: диффузного бодрствования, или «сенсорного покоя», сопровождаемого α -ритмом, и активного бодрствования, или «бодрствования внимания», характеризующегося десинхронизированной ЭЭГ, которая обнаруживается также и в состоянии крайнего возбуждения².

Именно по этой причине следует попытаться использовать другие показатели. Если считать, что изменения бодрствования отражают степень активности, которая развивается параллельно в различных функциональных сферах, то можно обратиться к показателям функционирования симпатической системы.

¹ Существует не разрешимое в настоящее время противоречие, связанное с «парадоксальным» сном, который обязан своим названием именно сопровождающей его десинхронизированной ЭЭГ (см. стр. 112).

² Анализ частоты мозговой активности, зарегистрированной у кошки с открытой поверхности коры при пробуждении, обнаруживает изменения, коррелирующие с другими показателями бодрствования: усиление ретикулярной активности выражается в увеличении частоты ритмов бодрствования (Южлен и Бонвалле, 1957; Блок, 1965). К тому же возможность регистрировать у животных активность глубоких структур позволяет различать более дифференцированные уровни бодрствования. Так, в частности, регистрация активности гиппокампа выявляет существенные изменения, связанные с различными стадиями научения (Эди, 1964). Наконец, более совершенная техника анализа временных и пространственных показателей ЭЭГ у человека, возможно, позволит в будущем более тонко дифференцировать стадии бодрствования.

§ 2. Данные электродермографии (ЭДГ)

Уже с давних пор психогальванический рефлекс (или электрокожная реакция) используется в психофизиологическом исследовании как показатель эмоционального компонента поведенческих реакций у человека и животных. Известно, что такое временное изменение электрокожных характеристик является следствием разрядов потовых желез по команде, передаваемой по симпатической системе. Помимо этих быстрых изменений, наблюдаются медленные колебания уровня сопротивления кожи, которые обнаруживают корреляции с уровнем бодрствования. Действительно, многие авторы отмечали, что при низких

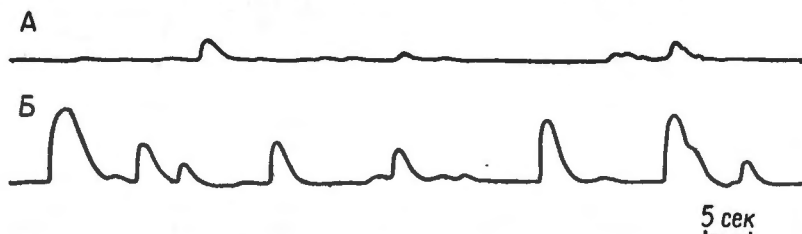


Рис. 6. Электрокожный показатель уровней бодрствования. А. Испытуемый в покое; Б. Испытуемый поддерживает оживленный разговор с экспериментатором.

уровнях бодрствования, таких, как покой, расслабленность, сон, сопротивление кожи ладони, характеризуется высокими значениями. Напротив, повышение уровня бодрствования в ситуациях, требующих усиления внимания, аффективного напряжения, выражается в уменьшении кожного сопротивления. Эти факты привели к тому, что данный показатель был принят в качестве непосредственной и постоянной меры изменений бодрствования (Вудвортс, 1949; Вудвортс и Шлосберг, 1954). Они в значительной мере способствовали утверждению понятия *континуума* в соответствии с явной картиной изменения этого показателя. Однако удалось показать (Блок, 1965), что эти непрерывные изменения уровня сопротивления (или проводимости) кожи не являются приемлемым показателем уровня бодрствования. Эти изменения являются также частным показателем наличия — или отсутствия — дискретных разрядов, природа которых аналогична электрокожным ответам в собственном смысле слова. Было доказано, однако, что эти электрокожные ответы начинаются на уровне ретикулярной формации и отражают изменения ее состояния. Изменения электрокожной активности, то есть частоты и амплитуды электрокожных разрядов, составляют, следовательно, весьма непосредственное свидетельство состояния возбудимости системы регуляции бодрствования (см. рис. 4 и 6).

Ретикулярный источник этой активности прекрасно объясняет успех применения этого показателя в экспериментальных психофизиологических исследованиях.

§ 3. Расхождения между показателями бодрствования

Часто отмечалось, что между различными показателями бодрствования, используемыми в психофизиологических исследованиях, в некоторых случаях наблюдаются расхождения. Так, иногда, в частности, не совпадают ЭЭГ и ЭДГ (Блок, 1954). Например, сильное аффективное напряжение, испытываемое субъектом и обнаруживаемое по очень активной ЭДГ, может сопровождаться регулярной активностью и большой амплитудой α -ритма на ЭЭГ. Напротив, десинхронизированная ЭЭГ может наблюдаться одновременно со слабой или нулевой активностью ЭДГ. Причину этих расхождений следует искать в сложных взаимоотношениях, которые устанавливаются между деятельностью ретикулярной формации и коры. В самом деле, как мы увидим в дальнейшем, ретикулярный тонус находится под контролем коры и тормозится кортикальным тонусом. В состоянии бодрствования изменения электрокожной активности отражают, следовательно, временное преобладание одной из этих структур или состояние равновесия между ними. Это снова говорит о том, насколько понятие *континуума* бодрствования является приближительным.

IV. СОН

Мы не можем обсуждать здесь важную проблему механизмов сна, которая составляет в настоящее время одну из главных проблем, интересующих нейрофизиологию. Многие вопросы, относящиеся ко сну, будут затронуты в следующем разделе, посвященном пробуждению. Но в связи с проблемой уровней бодрствования следует подчеркнуть, насколько плохо еще изучены самые низкие уровни шкалы.

Мы только что видели, что ЭЭГ позволяет дифференцировать определенное число *стадий глубины сна*, составляющих наименее спорные уровни шкалы бодрствования, потому что они лучше всего охарактеризованы. Однако между специалистами нет еще согласия относительно места, которое занимает в этой шкале «парадоксальная стадия» сна. Парадоксальным этот сон является в силу своего электроэнцефалографического проявления, не отличимого от проявления бодрствования. Благодаря работам Жуве (1962) известно, что речь идет о весьма своеобразной форме сна, регулируемой структурами моста и филогенетически более древней, чем «классический» сон. Жуве считает такой

сон очень глубоким. Известно, что у животных пороги ретикулярного пробуждения в три или четыре раза выше порогов пробуждения при других стадиях сна (Бенуа и Блок, 1960). Однако многие проблемы еще ждут своего решения, в частности и тот парадоксальный факт, что на протяжении этой стадии ретикулярная активность особенно значительна (Эвартс, 1965). Впрочем, если у человека эта стадия такой же природы, как у животных (потеря тонуса мышц, которая ее сопровождает, по-видимому, в самом деле свидетельствует о большой глубине такого сна), то трудно понять тот факт, что она связана со сновидениями (Демент и Клейтман, 1957), относительно которых известно, что они часто обусловлены с внешними стимулами и предполагают, следовательно, поддержание известного контакта с внешней средой.

Сравнение с другими стадиями сна не может быть плодотворным, так как ни природа, ни механизмы этих стадий в настоящее время фактически не известны. Теории, предлагаемые для его объяснения, можно отнести к четырем категориям:

а) теории, ссылающиеся на «пассивный» механизм. Для авторов, защищающих эту точку зрения, сон является результатом уменьшения активности структур, регулирующих уровень бодрствования;

б) теории, ссылающиеся на процессы истощения. Сон является результатом действия гипнотоксина (Пьерон, 1913), возникающего вследствие скопления метаболитических отходов активности нервной системы в состоянии бодрствования;

в) теории, ссылающиеся на процессы активного торможения. Кора мозга оказывает тормозное влияние на самое себя (Павлов) и на подкорковые структуры (Жуве, 1962). Тормозное действие может также, по-видимому, возникать и на уровне таламуса (Гесс, 1954) или продолговатого мозга (Маньес, Морucci и сотр., 1961);

г) теории, ссылающиеся на «активную дезафферентацию». Этот термин, предложенный Деллем и сотр. (1961), предполагает, что сон может быть результатом предварительного уменьшения сенсорного притока к ретикулярной формации, что сразу же влечет за собой включение вышеупомянутых тормозящих структур (см. Блок, 1956).

Как бы то ни было, вполне вероятно, что механизмы возникновения сна довольно многообразны и существует много способов засыпания. Однако лишь немного известно о *природе* сна и его функции. Уже давно считается очевидным, что восстановительная функция сна проявляется не только в соматической области, но и особенно в нервной системе. Большинство теорий, резюмированных выше, основано на гипотезе, что сон характеризуется *количественным* снижением активности нервной

системы, снижением, необходимым, если можно так выразиться, для ее «восстановления». Однако данные, полученные недавно в результате изучения клеточной активности (регистрируемой микроэлектродами), показали, что во время сна не наблюдается полного покоя нервных элементов. Активность нервных клеток не снижается сколько-нибудь заметно (некоторые клетки во сне даже более активны, чем во время бодрствования), но характеризуются особыми признаками: разряды группируются по-иному (Эвартс, 1965). Нельзя, следовательно, говорить только о количественном, а скорее нужно говорить о качественном изменении. Наконец, в биохимическом плане во время сна остается неизменным общее производство энергии и не изменяется потребление кислорода (Мандель и Годен, 1965).

V. СОСТОЯНИЕ БОДРСТВОВАНИЯ

§ 1. Пробуждение

Согласно ранее предложенной схеме, переход от одного уровня бодрствования к другому, более высокому, становится возможным благодаря активации нервных процессов. В случае перехода от состояния сна к состоянию бодрствования эта активация проявляется в том, что в обыденном языке называется пробуждением.

Это пробуждение может происходить по видимости спонтанно: в настоящее время нам почти совсем не известны внутренние механизмы, которые могут вызывать пробуждение, особенно когда оно обусловлено временем. Но когда пробуждение явно вызывается внешними стимулами (или даже внутренними, например сокращениями желудка), мы можем попытаться проанализировать природу пробуждающих стимулов. Так, во время сна организм продолжает подвергаться непрерывному потоку раздражений. С помощью метода вызванных потенциалов (см. дальше) можно проследить движение многих сенсорных сигналов вплоть до самой коры мозга; однако они не вызывают изменений в уровне сна. Следовательно, из всех стимулов, продолжающих оказывать свое действие на высшие центры, только некоторые способны разбудить организм. Мы можем задать вопрос, каковы те условия, которые необходимы, чтобы вызвать пробуждение. Эти условия можно, по-видимому, свести к трем главным признакам: интенсивность, новизна и мотивационный или аффективный «заряд» (значение), то есть те самые признаки, с которыми мы встретимся при описании стимулов, способных вызвать пробуждение внимания.

Качества пробуждающих стимулов:

А. Интенсивность

Определенный уровень интенсивности пробуждающего стимула на первый взгляд кажется самым важным условием его эффективности. К тому же именно на этом качестве основан один из критериев оценки глубины сна: сон считается тем глубже, чем выше порог интенсивности, необходимый, чтобы вызвать пробуждение (Клейтман, 1963).

В плане физиологических механизмов правомерно предположить, что для повышения ретикулярного тонуса, сильно угнетенного во время сна и подверженного тормозным влияниям, необходима значительная интенсивность стимуляции. Понятно также, что может быть достаточно одного этого признака интенсивности независимо от значения стимула, чтобы вызвать ретикулярную активацию через посредство коллатералей сенсорных путей.

Однако опыт показывает, что этот признак, каким бы важным он ни был, не составляет основного условия пробуждающей стимуляции, и повседневные наблюдения изобилуют примерами пробуждений, вызванных очень слабыми стимулами, так же как и сна, не нарушаемого очень сильными раздражителями. Поэтому, по-видимому, важнее два других качества стимула.

Б. Новизна

Сюда мы относим случаи, когда в сенсорном окружении спящего субъекта происходят изменения. В самом деле, если признаки стимулов мало изменяются или изменение их интенсивности происходит постепенно, сон продолжается. Напротив — и это широко известный факт, — всякое *внезапное* изменение всей стимуляции повлечет за собой пробуждение.

В этом случае физиология ретикулярной формации также может снабдить нас данными, позволяющими объяснить этот феномен. Ретикулярная формация в состоянии бодрствования подчинена тормозному контролю со стороны коры больших полушарий, составляющему часть кортико-ретикулярной цепи обратной связи (Южлен и Бонвалле, 1957). Именно ретикулярный разряд, вызывая генерализованную активацию коры, запускает и регулирует корковые механизмы, которые в свою очередь угнетают ретикулярный тонус. Во время сна ретикулярный тонус низкий¹ и, следовательно, кортикальный тонус также. Когда интенсивность стимула увеличивается постепенно, ретикулярный тонус повышается медленно, и параллельное медленное повышение кортикального тонуса влечет за собой постепенное распространение торможения и противодействует, таким образом, рети-

¹ По крайней мере при «классическом» сне (см. стр. 112).

пробуждаемая вздохом ребенка и не пробуждаемая шумом, и т. д.). Однако эта проблема значения пробуждающих стимулов ставит психофизиолога перед *реальным парадоксом*. В самом деле, каким образом нервная система, падение активности которой и приводит к потере критической реактивности, специфичной для сна (Пьерон, 1913), способна различать стимул, до того, как он вызовет ее пробуждение? Эта трудная проблема *различительной способности* во время сна может дать повод для многих гипотез. Но все эти гипотезы должны исходить из того, что, хотя во время сна активность нервной системы значительно изменяется, она не прекращается (существование сновидений является старым аргументом в пользу этого) и остается чувствительной к изменениям внешнего мира. Поскольку потеря сознания характерна для сна, считается, что высшие энцефалические структуры «отключены» от внешнего мира. В этом случае следует предположить, что сохраняется нечто вроде «бодрствования», обеспечиваемого нижележащими центрами, и допустить существование различительной сенсорной способности на уровне этих центров.

Поскольку интеграция внутренних стимулов, связанных с регуляцией основных функций, осуществляется на подкорковых уровнях, нетрудно понять устойчивость их влияний и их действие на системы пробуждения.

Внешние стимулы, напротив, получают почти все свое значение из приобретенного опыта: это значит, что проблема различения пробуждающих стимулов сводится к проблеме сохранения условных рефлексов во время сна. Несмотря на многочисленные экспериментальные попытки и рекламу некоторых магнитофонных фирм, основанную на вере в «гипнопедическое» обучение, в свое время предложенное Хаксли в книге «Лучший из миров», возможность *выработки* условных рефлексов во время сна еще не доказана, исключая очень неглубокие стадии сна (см. выводы Эммонса и Саймона, 1955; Саймон, 1964) или случаи, сомнительные в отношении непрерывности состояния сна. Так Бен и Барат (1965) недавно установили, что звук, ассоциированный с электрическим ударом во время глубокого сна у человека, становится способным условнорефлекторно вызывать электрокортикальный ответ (К-комплекс) и что тот же самый звук, исключая звуки близкой частоты, вызывал при возвращении к состоянию бодрствования реакцию блокады α -ритма. Однако возможно, что наличие К-комплекса свидетельствует об очень коротком пробуждении; в таком случае связь выработалась вне настоящего сна. Именно эту гипотезу предложили Изкьердо и сотр. (1965); в очень остроумном эксперименте они вырабатывали условный рефлекс у кошки, используя реакцию пробуждения ЭЭГ в качестве инструментального ответа, позволяющего избежать удара электрического тока во время сна. Эти авторы считают, что подобная связь может образоваться только

в периоды пробуждения, вызванные предъявлением подкрепляющего агента.

Зато мы имеем многочисленные экспериментальные доказательства *сохранения* во время сна условных рефлексов, приобретенных в состоянии бодрствования¹. Это сохранение проявляется в том, что стимул, получивший условное значение, во сне остается способным вызывать:

а) либо активацию (переход к стадии менее глубокого сна или к полному *пробуждению*), нечто вроде остаточного компонента первоначальной реакции. Так, Раулэнд (1957) получил у кошки избирательное пробуждение на звук, ранее связанный с электрическим ударом. Освальд, Тэйлор и Трейсмен (1960) показали, что у человека пробуждение легче вызвать, называя собственные имена (и особенно имя испытуемого), на которые по инструкции, данной накануне, следовало отвечать движением руки;

б) либо первоначальный условный ответ без признаков пробуждения. Так, Гранде и Хаммашу (1961) удалось получить у людей инструментальные реакции различения (нажать на ключ, чтобы избежать электрического удара) даже при очень глубоких электроэнцефалографических стадиях сна. Но такие наблюдения редки.

Как бы то ни было, все эти наблюдения имеют два важных следствия: одно — в плане изучения феноменов восприятия, а другое — в отношении изучения условных рефлексов.

Действительно, следует допустить, что во сне сохраняется какая-то различительная перцептивная способность.

С другой стороны, существует возможность активации условных следов. В настоящее время трудно, учитывая уровень наших знаний в отношении сна, связать эти факты с деятельностью той или иной нервной структуры. Однако можно высказать две гипотезы: либо условный след устанавливается на уровне коры, как это всегда утверждали И. П. Павлов и его школа, и в таком случае следует предположить, что спящая кора сохраняет различительную способность и остается способной активировать ретикулярные структуры, которые вызывают ее собственное пробуждение. Либо следует предположить, что местом условных следов являются и подкорковые структуры, что означает также,

¹ В неопубликованном эксперименте, который мы провели в 1953 г. вместе с Ф. Брессоном, нам не удалось обнаружить с помощью метода повторного заучивания какого-либо доказательства возможности обучения во сне. Зато мы вынуждены были вскоре прервать работу, так как испытуемые после нескольких ночей эксперимента систематически просыпались при предъявлении материала для запоминания, хотя последний был перемешан с нейтральными стимулами такой же интенсивности. Этот материал приобрел, следовательно, в ходе последовательных пробуждений особое значение, которое сохранялось и во время сна.

что различие может осуществляться и на этом уровне. Экспериментальные данные весьма фрагментарны, но они, по-видимому, говорят в пользу последней гипотезы.

Если допустить, что «привыкание», то есть угасание ранее существовавшего ответа, составляет самую примитивную форму научения, то классические эксперименты Шарплеса и Джаспера (1956) действительно показывают, что во время сна возможна дифференциация стимулов, даже после обширного разрушения коры. Эти авторы, получив угасание реакции пробуждения у кошек на звуки определенной частоты, повторяемые одинаково, без подкрепления, показали, что всякое предъявление звука другой частоты немедленно вызывает пробуждение. Удаление значительных участков коры, в том числе полное удаление слуховых зон, не мешало дифференциации звуков «привычных» и впервые предъявляемых.

Однако после подобных разрушений коры оказывается невозможной дифференциация тональных *мелодий*.

Если вспомнить работы Даймонда и Неффа (1957), показавших, что у бодрствующего животного простое тональное различие сохраняется после разрушения слуховых зон, тогда как для различения мелодий необходима сохранность коры, то из предыдущих экспериментов можно сделать вывод, что простые различительные процессы, несомненно, осуществляются одними и теми же структурами и во сне и при бодрствовании.

Хотя психофизиологические данные не позволяют сделать окончательных выводов относительно роли подкорковых структур в образовании условных рефлексов, по-видимому, установлено, что условные рефлексy могут сохраняться и после полного разрушения коры. Так, Загер (см. Фессар, 1958) обнаружил сохранение «вегетативно-аффективного» компонента (двигательное возбуждение, расширение зрачка и т. д.) защитного условного рефлекса у собаки, предварительно выработанного на определенный стимул. Таким образом, при отсутствии коры эти животные еще способны были воспринимать значение стимула. Однако мы снова должны подчеркнуть, что эта различительная способность, по-видимому, тесно связана со стимулами, имеющими большой мотивационный «заряд», и реакциями типа эмоционального пробуждения: действительно, большинство опытов относится к сигналам, связанным с электрическим ударом или с потребностью в пище (у животных). Это значит, что во время сна сохраняется аффективное значение стимулов, связанных с основными потребностями. И это снова говорит о близости механизмов пробуждения к более общим процессам активности.

Следует, наконец, отметить, что, по данным Буэндиа и сотр. (1959), степень генерализации стимулов, вызывающих пробуждение, свидетельствует о том, что во сне способность различения

слабее, чем в состоянии бодрствования¹. Имеет ли эта подкорковая различительная способность ту же природу, что и в некоторых простых опытах с подпороговыми сигналами? В самом деле, известно, что вегетативные реакции (например, электрокожная реакция) у человека могут быть вызваны подпороговыми стимулами, предварительно условнорефлекторно связанными на надпороговом уровне (Лазарус и Мак-Клири, 1951).

В настоящий момент мы не располагаем никакими данными, чтобы ответить на этот вопрос, однако следует отметить, что и в этом типе экспериментов действенными остаются стимулы с сильным аффективным «зарядом», даже когда они предъявляются в условиях, не допускающих их *вербального* узнавания.

В заключение скажем, что способность различения стимулов с тревожным значением сохраняется и при отсутствии их осознания, будь то в период, когда организм находится в состоянии сна или когда стимулы являются подпороговыми. Возможно, что такое различение, менее тонкое, чем в состоянии бодрствования, совершается на уровне ретикулярных структур, но в конечном счете именно ретикулярная активация, вызываемая этими стимулами, влечет за собой соматическое, вегетативное и кортикальное пробуждение.

§ 2. Уровни бодрствования

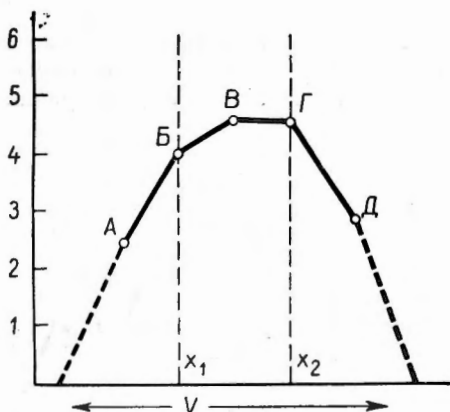
Состояние бодрствования не представляет собой единственного уровня на шкале бодрствования, и можно говорить об уровнях высоты бодрствования по аналогии с уровнями глубины сна. О существовании флуктуаций бодрствования можно судить либо по изменениям эффективности выполнения психометрических задач, либо по физиологическим показателям, способным выразить величину нервной или соматической деятельности, мобилизованной для выполнения данных задач. В первом приближении существует, как мы видели, некоторый параллелизм между эффективностью деятельности и изменениями нервной активности. Однако в зависимости от типа задачи, которая стоит перед субъектом, это соотношение усложняют два фактора. Первый связан с самим *исполнением*, требующим определенного оптимума бодрствования, за пределами которого оно ухудшается. Рис. 8, взятый из работы Кардо (1961), показывает, что между уровнем исполнения какого-либо задания на научение у крысы и постепенным повышением тонуса центральной нервной системы в ре-

¹ В нашей лаборатории проводятся в настоящее время эксперименты, ставящие своей целью уточнить этот момент и проследить сохранение значения условных стимулов в зависимости от уровней глубины сна.

зультате фармакологического воздействия существует криволинейная зависимость (см. также рис. 11).

Оптимальный уровень бодрствования, по-видимому, необходим также и для процессов запоминания. Короткая фаза закрепления мнестических следов (Дюно), во время которой, как известно, всякое постороннее воздействие мешает научению, связана с нервным процессом запечатления информации. Доказано, что эффективность и продолжительность этого процесса зависят от уровня бодрствования: стимуляция активирующей ретикуляр-

Рис. 8. Зависимость между успешностью выполнения инструментальных условных рефлексов у крысы и колебаниями уровней бодрствования, вызванными фармакологическим воздействием. А. Средний уровень исполнения после инъекции хлорпромазина (снижающего бодрствование); Б. Средний уровень исполнения контрольных животных; В, Г, Д. Средние уровни исполнения после инъекции все возрастающих доз амфетамина (повышающего бодрствование). (По Кардо Б.)



ной формации слабыми надпороговыми раздражителями после каждой пробы на образование условного рефлекса приводит к значительному улучшению последнего (Блок и Данти, 1966).

Второй фактор связан с *продуктивностью* деятельности субъекта. В самом деле, один и тот же уровень исполнения может быть достигнут при весьма различных величинах энергетических затрат. Например, субъект может в течение продолжительного времени сохранять постоянным уровень исполнения задания благодаря дополнительной мобилизации физиологических функций. В этом случае, сравнивая энергетические затраты в начале и конце выполнения задачи, говорят, что *продуктивность* субъекта понизилась. Так, у испытуемых, подвергшихся длительному лишению сна, исполнение психометрических задач почти не отличается от результатов нормальных испытуемых. Однако их *продуктивность* оказывается ниже, поскольку у них наблюдается значительное увеличение мускульного напряжения (Уилкинсон, 1961; Хассельман, Шафф и Метц, 1960).

На основании этих данных можно сделать вывод, что в состоянии бодрствования нет тесного параллелизма между уровнями эффективности выполнения задания и степенью нервной активности, соответствующей величине энергетических затрат:

следовательно, говорить о колебаниях уровня бодрствования, имея в виду как психологический, так и физиологический аспекты, можно лишь с известными оговорками. Мы увидим, однако, что можно все-таки установить соответствие между флуктуациями бодрствования, оцениваемыми по эффективности деятельности, и изменениями физиологической активности.

Можно различать два типа колебаний эффективности: продолжительные и кратковременные изменения.

А. Продолжительные изменения

Наблюдаются периодические изменения активности. Анализ результатов выполнения человеком психометрических задач показывает, что исполнение в среднем достигает максимума либо в

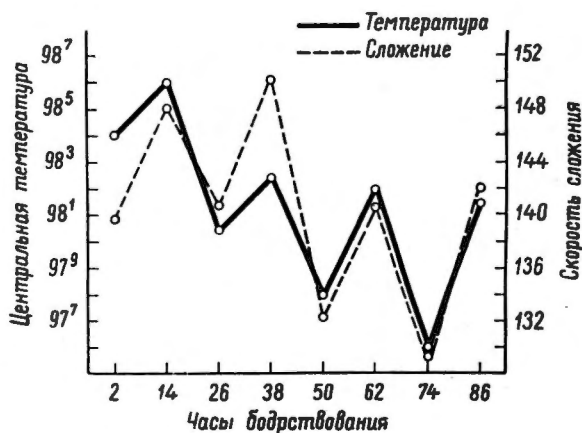


Рис. 9. Зависимость между центральной температурой и скоростью выполнения задания (сложения) в период лишения сна (по Лавленду Н. Т. и Уилльямсу Г. Л.)

середине, либо в конце дня, причем самые низкие значения наблюдаются после пробуждения и перед засыпанием (Клейтман, 1963). Однако Вио (1945) обнаружил существование двух максимумов (в 3 и 10 часов после пробуждения) и установил, что эти периоды максимальной активности больше всего подвержены влиянию восстановительной способности предшествующего сна. Во всех случаях кривые колебаний эффективности, по-видимому, обнаруживают достаточно хорошую корреляцию с кривыми дневных ритмов вегетативных функций, особенно с изменениями центральной температуры (рис. 9).

Б. Кратковременные колебания эффективности. Внимание и его флуктуации

На изменения большой амплитуды, о которых мы только что говорили, накладываются кратковременные флуктуации эффективности, многочисленные экспериментальные подтверждения которых могут конкретизировать понятие флуктуации *внимания*, понятие, заимствованное из обыденного языка. Действительно, еще в ранних экспериментальных психологических работах отмечались флуктуации элементарных ощущений (временные изменения порогов), восприятий (колебания двойственных фигур), латентных периодов простых двигательных реакций (время реакции), выполнения сложных сенсомоторных задач, эффективности интеллекта. Но внимание, о колебаниях которого свидетельствуют эти испытания, остается в настоящее время трудноопределимым, в чем мы и убедимся в следующем разделе.

VI. ВНИМАНИЕ

В классическом «Новом психологическом трактате» Дюма, в главе Пьерона (1934), посвященной вниманию, есть исторический очерк, из которого следует, что психологи-экспериментаторы часто отказывались от самого слова «внимание». Однако Пьерон отметил, что существует общее согласие в отношении фактов, относимых к этой категории. Эти факты характеризуются двумя общими признаками: «повышением уровня перцептивной, двигательной и умственной активности» и «преобладанием одной формы деятельности над всеми другими возможными в тот же момент». Позднее Пьерон (1963) в своем «Словаре» дал следующее определение слова «внимание»: «избирательная умственная ориентация, предполагающая повышение эффективности в определенной форме деятельности при тор-
можении конкурирующей»¹.

Внимание предполагает, следовательно, в первую очередь определенный *уровень* бодрствования, известную степень мобилизации нервных процессов. На *континууме* сна — бодрствования оно располагается между состоянием диффузного бодрствования и чрезмерным возбуждением.

В контексте этой главы внимание можно, стало быть, определить как один из уровней высоты бодрствования на

¹ Эти два признака внимания — интенсивный и избирательный характер — могут быть выражены, как это предложил Берлайн, в терминах теории информации: первый касается количества информации, переданной из внешней или внутренней среды и использованной в поведении; второй учитывает тот факт, что передающая способность в организме ограничена и предполагает операцию выбора.

шкале интенсивности поведения. Это означает, что его появление обусловлено активацией нервных процессов, приводящей к переходу от одного уровня бодрствования к другому, более высокому (тогда о пробуждении внимания можно говорить по аналогии с внезапным пробуждением), а также, что существуют различные степени внимания и, наконец, что сильная нервная активация, которая еще может повысить уровень бодрствования, уже нарушает процессы внимания.

Мы должны, таким образом, рассмотреть следующие вопросы: пробуждение внимания, его поддержание, флуктуации и исчезновение.

Кроме того, внимание, как мы видели, характеризуется избирательным аспектом, *концентрацией* активности, которая предполагает механизмы *торможения* конкурирующих деятельностей. Для объяснения этих процессов мы должны рассмотреть современные нейрофизиологические гипотезы.

§ 1. Пробуждение внимания

Когда в ходе экспериментов на животных, на которые мы ссылались, наблюдается определенная последовательность поведенческих актов в зависимости от увеличения интенсивности стимуляции, то констатируют следующий факт: пробуждение внимания, то есть начало исследовательского поведения, связано с возбуждением активирующей ретикулярной формации, превышающим тот уровень, при котором возникает переход от сна к бодрствованию, сопровождающемуся открыванием глаз и легким подниманием головы. Эти наблюдения показывают, что пробуждение внимания как раз и представляет собой переход к более высокому уровню бодрствования, чем тот, который характеризует пассивное бодрствование. Оно свидетельствует также о том, что внимание, по-видимому, зависит от тех же самых нервных структур, которые регулируют уровни бодрствования. Фактически *качества стимулов, способных вызывать пробуждение внимания, те же самые, что и качества, вызывающие пробуждение от сна*. Напомним, что таковыми являются интенсивность, новизна и аффективный «заряд».

А. Интенсивность

Роль этого качества, видимо, столь же очевидна, как и при переходе от сна к бодрствованию. В самом деле, мы определили внимание как коррелят относительно высокого уровня бодрствования, и мы знаем, что ретикулярный тонус зависит в первую очередь от степени сенсорной динамогенности. Однако учет одного этого фактора интенсивности приводит к трудностям, поскольку

ку внимание характеризуется также своим избирательным характером. Если интенсивный стимул повышает уровень бодрствования, то должна повыситься реактивность организма ко всем стимулам, действующим в данный момент, однако внимание характеризуется именно специфическим облегчением пробуждающего стимула.

Исследование Е. Н. Соколова (1958) между тем показало, что во время «ориентировочной реакции», вызванной слуховым стимулом, снижается абсолютный зрительный порог: вероятно, для организма важна готовность получить дополнительную информацию с помощью других сенсорных модальностей, помимо той, которая предполагалась первоначальным стимулом. Но это межсенсорное облегчение наступает только в том случае, если звук уже предъявлялся ранее один или два раза, то есть когда ослаблен его характер новизны. При первом предъявлении звука ориентировочная реакция имеет более ограниченный характер и влечет за собой снижение неслуховых сенсорных способностей.

Б. Новизна

Новизна, или рассогласование, составляет, следовательно, очень важное качество стимулов, пробуждающих внимание (*prosexigenes*¹).

Новизна может заключаться в изменении физических свойств стимула или в появлении ранее отсутствующего стимула. В этих двух случаях она представляет собой изменение во *временной* последовательности событий. Но пробуждение внимания вызывают также — и особенно часто — *пространственные* изменения, *смещение* или движение источника стимуляции по отношению к положению органов чувств. Эта пробуждающая внимание способность движения является весьма элементарным качеством. У большинства животных, например у насекомых, у которых этот феномен очень хорошо изучен, такое смещение объектов составляет основной стимул, способный пробудить их внимание. Было установлено, что некоторые клетки сетчатки лягушки (Летвин и сотр., 1961) и кошки отвечают только на перемещение предметов, причем количество разрядов зависит от скорости и направления движения. Можно допустить, однако, что даже при отсутствии таких специализированных рецепторов сочетание оп- и off-эффектов (см. ниже) при перемещении стимула по рецептору дает большую информацию, чем фиксированные стимулы.

В самом деле, существует два вида механизмов, способствующих тому, чтобы на двух уровнях организации нервной

¹ Неологизм Пьерона (1934), происходящий от греческого слова *προσεχης* — внимательный.

системы уменьшить действие стимулов, повторяющихся без изменений.

а) Прежде всего на *периферии* рецепторные органы обладают свойством *адаптации*, которое вызывает более или менее быстрое снижение или прекращение передачи информации к центрам при непрерывном и постоянном сигнале. Действительно, известно, что в афферентных окончаниях большинства сенсорных органов частота потенциалов действия более или менее быстро сокращается, а в некоторых волокнах эти потенциалы исчезают полностью при непрерывной стимуляции (оп-волокна). Таким образом, продолжительное сохранение стимуляции не дает более сенсорного сообщения. Напротив, для большинства рецепторов *прекращение* стимуляции вызывает приток сенсорных импульсов: это действие off-волокон, которые передают к центрам информацию, относящуюся к такому особому изменению стимула, каким является его прекращение. Это свойство рецепторов объясняет отчасти пробуждающий внимание характер изменений внешней среды, когда последние действуют в направлении стимуляционной поддержки или, напротив, исчезновения ранее присутствовавшего стимула.

б) Существуют также менее известные *центральные* механизмы, которые, несомненно, в значительной мере участвуют в контроле сенсорной информации и противодействуют постоянному поддержанию внимания к множеству стимулов, действующих на организм в каждый момент.

Если мы обращаем внимание на все новые стимулы, то это предполагает существование процесса, обуславливающего прекращение ответа на стимулы, утратившие характер новизны. Стало обычаем вслед за английскими авторами (Додж, 1923) называть этот гипотетический процесс «привыканием». Угашение ответа происходит вследствие утраты пробуждающим стимулом своей значимости. Это может происходить в результате двух способов предъявления стимулов.

1. *В результате неподкрепления*: когда стимул-сигнал не сопровождается своим подкрепляющим агентом, условным или «предусловным» (Пьерон, 1958), ответ угасает. Так, мигательный рефлекс исчезает после повторной угрозы пальцем, если эта угроза не сопровождается ударом. В этих случаях угашение свидетельствует об утрате стимулом своего значения (см. следующий параграф) и его механизмы подчиняются законам образования условных рефлексов.

2. *В результате простого повторения*: когда какой-нибудь стимул часто повторяется, ответы на этот стимул имеют тенденцию к исчезновению вследствие одного только факта его повторения или, точнее, вследствие утраты стимулом характера новизны. Поскольку этот феномен важен для понимания процессов внимания, его механизмы в последние годы были под-

вергнуты систематическому изучению. Привыкание проявляется прежде всего в плане *поведения*. Непосредственный ответ организма на внезапное изменение внешней среды, который Павлов назвал «ориентировочным рефлексом», быстро угасает после нескольких повторений пробуждающего стимула. Этот ответ включает два компонента, он обнаруживает специфический аспект, который проявляется в ряде адаптационных модификаций рецепторных систем, связанных с пробуждающим стимулом (избирательная направленность), и неспецифический аспект, выражающийся в общей подготовительной активации перед действием. Самым наглядным физиологическим показателем последнего компонента является реакция кортикального пробуждения, которая выражается на электроэнцефалограмме в появлении быстрого ритма небольшой амплитуды, сменяющего (с латентным периодом порядка 300 мсек) медленные высоковольтные колебания, характерные для низких уровней бодрствования. В 1936 г. Дюруп и Фессар показали, что у человека реакцию блокады α -ритма получить тем легче, чем больше стимул пробуждает внимание субъекта. Они отметили также, что если предъявлять один и тот же стимул с постоянными интервалами, то он постепенно становится менее эффективным, пока наконец реакция блокады α -ритма не исчезает. Аналогичные выводы следуют из экспериментов, проведенных на животных (Рейнбергер и Джаспер, 1937) и человеке при других показателях активации, в частности при регистрации электрокожной реакции (Дэвис, 1934).

Адаптация рецепторов, о которой мы говорили выше, не может объяснить всех этих фактов: в серии стимулов каждое новое предъявление сопровождается коротким разрядом в сенсорных волокнах даже длительно адаптированных рецепторов. Самая простая гипотеза, объясняющая привыкание, состоит в том, что уменьшение действия стимулов проявляется где-то по ходу *специфических сенсорных путей*. Начиная с первых исследований Эрнандес-Пеона, Шеррера и Жуве, в многочисленных работах была использована методика *вызванных потенциалов*, регистрируемых на всех уровнях сенсорных путей, для выявления постепенного снижения сенсорного сообщения при повторении стимула. Эти авторы зарегистрировали вызванные потенциалы (на хроническом препарате кошки) в первом реле слуховых путей (кохлеарное ядро) на звуковые щелчки, повторяемые каждые две секунды. После тысяч предъявлений стимула амплитуда этих потенциалов уменьшилась. Такой результат показывает, что сенсорное сообщение в ходе привыкания, по-видимому, снижается уже на первых участках пути, причем первое синаптическое реле играет как бы роль клапана, который постепенно закрывается, по мере того как стимул утрачивает характер новизны. Для объяснения этого «афферентного нейронного привыкания» Эрнандес-Пеон (1961) выдвинул гипотезу о тормозном

влиянии центрального происхождения, проявляющемся в первых синапсах, причем структурой, ответственной за это, является ретикулярная формация.

Однако оспаривается сам факт сокращения амплитуды вызванных потенциалов в первых синапсах в ходе привыкания. Уорден и Марш (1963), например, в результате систематического изучения амплитуд кохлеарных потенциалов, зарегистрированных во время двух шестичасовых сеансов, в ответ на звуки, повторяемые каждую секунду или каждые две секунды, не обнаружили значимых изменений, причем у некоторых животных

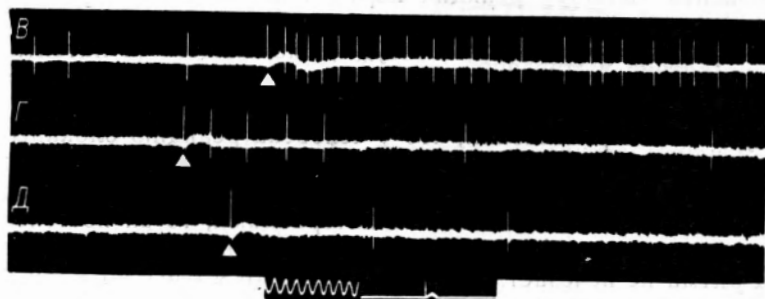


Рис. 10. «Привыкание» одиночного ретикулярного нейрона к повторной стимуляции седалищного нерва (разряды одного и того же ретикулярного нейрона, зарегистрированные с помощью микроэлектродов).

В. Ответ нейрона на первый стимул; Г. Ответ на 121 стимул; Д. Ответ на 181 стимул. Внизу дан эталон — 60 гц и 100 МВ.
(Модифицировано по Шейбэлу М. Э. и Шейбэлу А. Б.)

амплитуды даже увеличивались. Впрочем, надо отметить, что в эксперименте Эрнандес-Пеона и его сотрудников «привыкание» вызванных потенциалов обнаруживалось долгое время и после исчезновения поведенческих и электроэнцефалографических компонентов угасания. Шарплес и Джаспер отмечали в исследовании, на которое мы уже ссылались выше (стр. 119), что корковая реакция пробуждения не зависит от снижения активности специфических путей, поскольку амплитуда вызванных потенциалов в слуховой области коры, выражающая приход сообщения, не сокращается даже после исчезновения реакции пробуждения. Напротив, вызванные потенциалы, регистрируемые в зрительной области коры, могут обнаруживать признаки привыкания раньше, чем появляется сокращение амплитуды ответов, зарегистрированных на уровне латеральных коленчатых тел (Каваджиони, Жианелли и Сантибаньес, 1959).

Наконец, маловероятно, что активирующая ретикулярная формация оказывает тормозное влияние на реле сенсорных пу-

тей в ходе повторной стимуляции. В самом деле, привыкание очень быстро достигается на препарате «cerveau isolé» (см. выше), лишенном, следовательно, значительной части ретикулярной формации; напротив, перерезка на уровне моста, освобождающая активирующую ретикулярную формацию от тормозного контроля бульбарного происхождения, существенно затрудняет процесс привыкания (Мансиа, Мельдерс и Сантибаньес, 1959).

Из всех этих экспериментов следует, что основным механизмом привыкания является не контролируемая блокада специфических сенсорных путей, а скорее изменение реактивности неспецифических структур. Фактически первыми элементами реакции внимания, исчезающими после повторения стимула, являются те, которые зависят, как мы видели, от ретикулярной активации: кортикальное пробуждение, электрокожная реакция и т. д.

С помощью микроэлектродов, регистрирующих активность единичных клеток ретикулярной формации, удалось показать (Хорн и Хилл, 1964; Хибелл М. Э. и Хибелл А. Б., 1965), что большинство этих клеток обнаруживает феномен быстрого привыкания к повторной стимуляции (рис. 10). Следовательно, в настоящее время можно, по-видимому, считать, что пробуждающее внимание качество новизны стимула объясняется свойствами системы регуляции бодрствования.

В. Значение

Значение, или мотивационный «заряд» может быть связано с врожденной организацией индивида: стимул может быть сигналом опасности или, напротив, объекта, необходимого для выживания организма или вида в целом. Следует отметить, что в филогенезе появление реакций на стимулы-знаки [такие, например, когда тень вызывает избирательные реакции у моллюсков (Пьерон, 1958)], а не только на стимулы-агенты (Вио, 1954), представляет собой важный этап в эволюции поведения. Эти реакции в начальной своей фазе являются примитивной формой аффективных ответов, названных Пьероном элементарными аффектами. Но и у взрослого человека, у которого большинство значений приобретено в ходе его индивидуальной или коллективной истории, некоторые сенсорные модальности легче вызывают пробуждение, чем другие. Пьерон (1958) отметил, что эта пробудительная способность изменяется обратно пропорционально различительной способности. Можно провести классификацию различных элементарных стимулов, в которой — от слабого светового ощущения до ожога — перцептивные коэффициенты ощущений будут уменьшаться при возрастании аффективного коэффициента.

В том случае — наиболее частом, — когда стимулы приобретают значение сигнала в результате образования условного рефлекса, их пробуждающая внимание способность, как и их общая пробуждающая способность, тем выше, чем больше значение стимула имеет отношение к основным потребностям. Это, в частности, показали исследования, посвященные ориентировочному рефлексу или реакции пробуждения в ЭЭГ.

§ 2. Внимание как уровень бодрствования

Мы только что подчеркнули сходство проявлений и причин пробуждения внимания и пробуждения от сна. Мы вынуждены были допустить участие структур регуляции бодрствования в процессах внимания. Теперь мы должны найти прямые доказательства такого участия. С этой целью мы обратимся к классическому индикатору, обычно рассматриваемому как хороший показатель внимания, — к измерению времени реакции (см. гл. VI).

а) *Корреляции между временем реакции и активацией в электроэнцефалограмме.* Уолш (1952), а также Фресс и сотр. (1959) не обнаружили у человека корреляций между временем реакции и наличием или отсутствием α -ритма при предъявлении стимула, а Дастмен и сотр. (1962) наблюдали лишь очень небольшое сокращение (12 мсек) времени реакции, когда стимул подавался в период десинхронизации ритмов коры. Однако Фресс и Вуайом (1961), используя тахистоскопический метод исследования восприятия, получили корреляцию между субъективной оценкой внимания и явлением десинхронизации ритмов в ЭЭГ. Лансинг (1957) и Линдсли (1958) наблюдали, что время реакции короче, когда стимулы совпадают с определенной фазой α -ритма. Этот факт, возможно, объясняет отсутствие корреляций в предыдущих экспериментах. Линдсли предложил следующую гипотезу: потенциалы, зарегистрированные на поверхности в форме регулярной активности большой амплитуды (α -ритм), по-видимому, отражают синхронную активность отдельных клеток коры, дискретно разряжающихся в определенном ритме; именно во время этих разрядов стимулы обладают наибольшей эффективностью. Напротив, быстрые колебания в ЭЭГ, наблюдаемые при депрессии α -ритма, соответствуют десинхронизации активности корковых клеток, поэтому в любой момент по крайней мере одна группа клеток находится в состоянии активности, и сенсорное сообщение, каково бы ни было его место во времени, попадет на активную кору. Эта гипотеза, как нам кажется, может служить объяснением и другого исследования Линдсли (1960), относящегося к корковым вызванным потенциалам на вспышки: ретикулярная стимуляция позволяет получить два отчетливых потенциала, вызванных вспышками, разделенными интервалом в

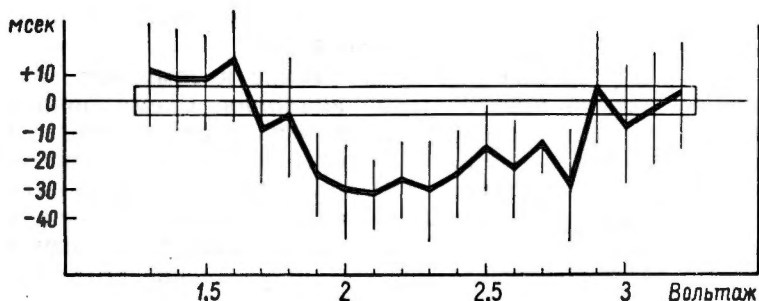


Рис. 11. Сокращение времени реакции у кошки вследствие ретикулярной стимуляции.

Исследование времени простой слуховой реакции у кошки после выработки условного рефлекса с предупредительным сигналом, (раздражение мезенцефалической ретикулярной формации за 500 мсек до сигнала). Действие раздражителей разной интенсивности проверялось на 32 пробах и выражалось по отношению к среднему латентному периоду, вычисленному из 96 ответов, полученных без раздражения в ходе того же самого сеанса. Отметим существование «оптимума», выше которого улучшения исполнения при более высоких значениях ретикулярной стимуляции уже нет. См. теоретическую схему к рис. 1 (по Рекэн С.)

50 мсек, тогда как при отсутствии ретикулярной стимуляции мы получаем лишь один потенциал; минимальный промежуток, необходимый для получения двух потенциалов, составляет 100 мсек. Это время примерно соответствует периоду α -ритма.

Однако, если стимулу предшествует предупредительный сигнал, время реакции всегда короче при оптимальном промежутке между двумя стимулами (см. гл. VI). В этих условиях предупредительный сигнал всегда влечет за собой блокаду α -ритма. Это свидетельствует о важном свойстве внимания, которое предполагает приведение организма в состояние готовности, осуществляемое посредством ретикулярной активации.

6) *Влияние раздражения ретикулярной формации.* Фримен (1948) показал, что значения времени реакции являются функцией уровня бодрствования, оцениваемого по электрокожнографическому показателю. До определенной критической величины, после которой кривая начинает спускаться (оптимум бодрствования), величина времени реакции прямо пропорциональна уровню проводимости кожи.

Фюстер (1957) непосредственно воздействовал на уровень бодрствования обезьян посредством электрического раздражения ретикулярной формации и получил таким образом значительное сокращение времени реакций выбора. Наконец, С. Рекэн (1966) на кошках получила зависимость, аналогичную установленной Фрименом, нанося на абсциссу напряжение

стимула, раздражающего ретикулярную формацию, а на ординату — значения времени реакции (рис. 11).

Все эти наблюдения имеют отношение к тому, что можно назвать проблемой *произвольного внимания*. Схема, принятая нами ранее для описания качеств пробуждающих внимание стимулов, может быть применена и здесь. Произвольное внимание представляет собой, в сущности, облегчающую *подготовительную установку*. Инструкция, включающая эту установку, является фактически условным стимулом, заменяющим собой безусловные стимулы, вызывающие обычно пробуждение, готовность.

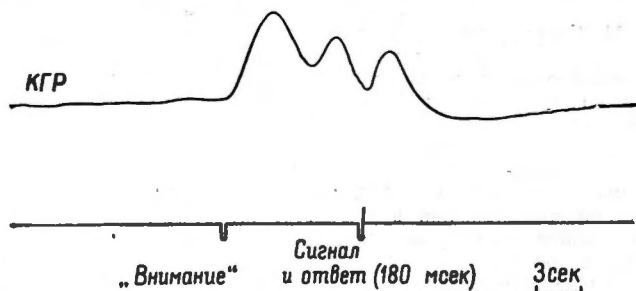


Рис. 12. Условная активация подготовительным сигналом при измерении времени реакции у человека.

Заметьте, что сигнал «внимание» влечет за собой электрокожные разряды, свидетельствующие о повышении уровня бодрствования. Световой стимул и ответ (латентный период 180 мсек) также вызывает разряд КГР меньшей амплитуды.

Следовательно, подлинная условная активация осуществляется именно посредством подготовительной установки. Регистрация физиологических показателей бодрствования говорит о том, что дело обстоит именно так, потому что сигнал «внимание», например, если он эффективен, вызывает реакцию пробуждения в ЭЭГ или разряды ЭДГ (см. рис. 12). То, что главным аспектом этого подготовительного периода является повышение уровня бодрствования, показывает также облегчающее влияние предварительного мышечного напряжения на время реакции (Фримен, 1933). Между «напряжением» и «вниманием» есть нечто большее, чем игра слов¹, между ними существует прямая функциональная зависимость. Когда субъект произвольно увеличивает свой мышечный тонус (сжимая кулак, например), он повышает уровень ретикулярной активности через посредством возвратных коллатералей проприоцептивных рецепторных путей. Была

¹ Есть сходство в самом звучании французских слов «напряжение» (la tension) и «внимание» (l'attention). — Прим. перев.

доказана реальность ретикулярных проекций волокон двигательного происхождения: раздражение последних специфической стимуляцией у кошки вызывает увеличение ретикулярной возбудимости (Блок и сотр., 1965).

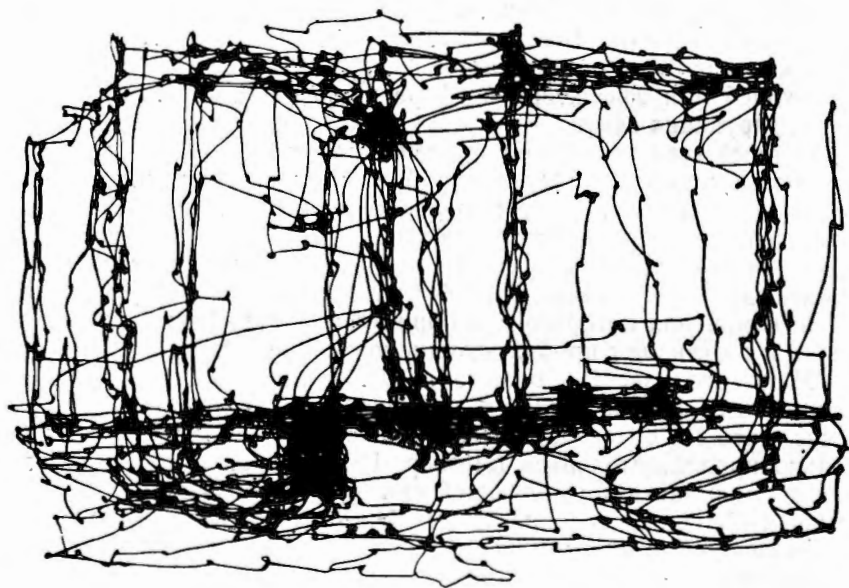
Нужно отметить, наконец, что некоторые задачи требуют внимания, отнюдь не предполагая состояния постоянного напряжения. Такова, например, задача водителя поезда, которую проанализировал Омбретан (1955). Этот автор показал, что слово «внимание» не может описать состояние людей, выполняющих такого рода задачу. Состояние напряжения, внимания и торможения других интересов и забот наблюдается, по-видимому, только у водителя-новичка, тогда как «опытный водитель свободно думает о своих делах и машинально тормозит и снова отправляется в путь, точно реагируя на сигналы. Излишне говорить, обращает он на них внимание или нет» (Омбретан и Фаверж, 1955).

§ 3. Концентрация внимания

Проблема внимания не ограничивается только пробуждением внимания, которое, как мы видели, вызывает генерализованное облегчение и является лишь подготовительным для специфической деятельности. Все психологи подчеркивают то свойство внимания, которое состоит в *концентрации* его на одной воспринимающей или *эффекторной* сфере и предполагает *торможение* конкурирующих сфер.

Первый этап такой концентрации может осуществляться уже *на уровне органов чувств*, по крайней мере в отношении зрения, которое у человека имеет первостепенное значение. В самом деле, известно, что рефлекс фиксации имеет своим назначением помещение на фовеальную область (центральную область сетчатки, где разрешающая способность максимальна) образа предмета, изменения которого, воспринимаемые периферическим зрением, и составляют пробуждающие внимание стимулы.

Мало что известно о механизмах этого важного рефлекса, кроме того, что он вводит в действие высшие мозговые структуры и что его онтогенетическое формирование является сравнительно продолжительным (Лезевр, 1964). Из-за ограниченности фовеальной части, позволяющей при одной фиксации воспринять лишь небольшое число объектов, фиксация представляет собой исключительный пример перцептивной концентрации. Действительно, направить свое внимание на один зрительный стимул — это значит прежде всего его фиксировать. Вот почему изучение фиксационных точек, порядка, в котором они следуют, и особенно длительности каждой из последовательных фиксаций составляет прямой способ оценки зрительного внимания. Такое изучение стало возможным благодаря регистрации движений глаз,



Р и с. 13. *Внизу.* Запись движений глаз (зарегистрированных оптическим методом), соответствующих зрительному изучению предъявленного рисунка (*наверху*).

Обратите внимание на частоту фиксаций на интересных точках и обусловленность взгляда структурой объекта — стимула (по Ярбусу).

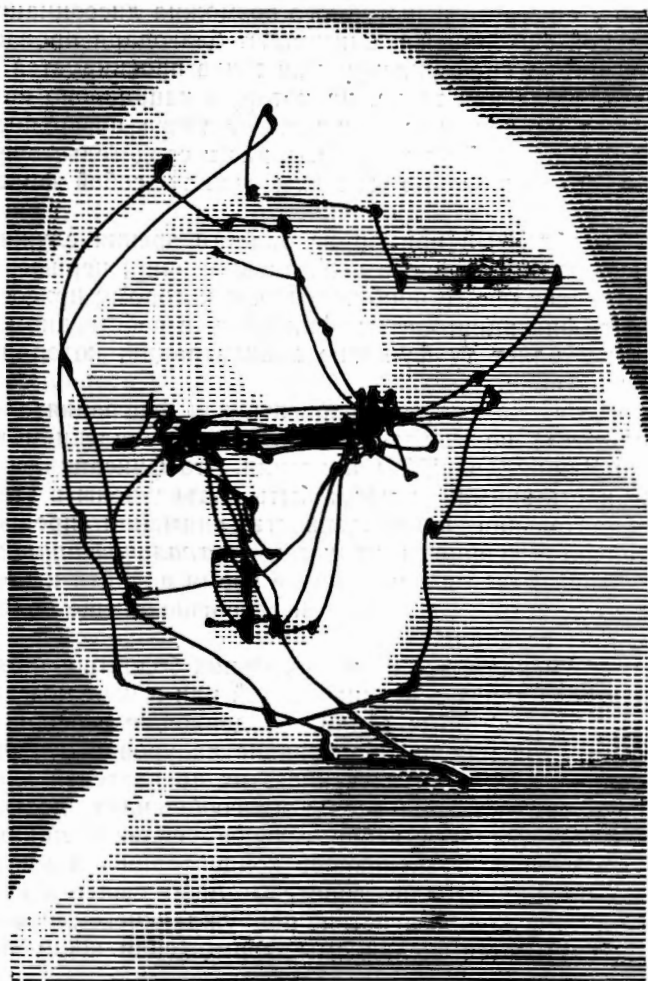


Рис. 14. См. подпись к рис. 13.

устанавливающей место и продолжительность фиксаций, которые можно перенести на точки объекта-стимула. Такими методами являются либо фотографическая регистрация угловых смещений тонкого светового пучка (видимого или инфракрасного), отраженного от роговицы или зеркала, закрепленного на глазу, либо кинематографическая регистрация движений глаза, либо регистрация изменений потенциалов, связанных с движением глаз (электроокулография) (см. рис. 13 и 14),

Однако у опытного испытуемого возможна диссоциация между зрительной фиксацией и вниманием благодаря произвольной диплопии, при которой фиксируемая точка проецируется в центр двух фовеа, тогда как точка, на которую направлено внимание, проецируется на некорреспондирующие точки поверхности сетчатки. Трудность этой операции как раз и свидетельствует о том, насколько функционально связаны между собой фиксация и внимание.

Этот излюбленный пример из области зрения служит хорошей иллюстрацией двойного аспекта внимания: периферический стимул вызывает общее пробуждение, к которому присоединяется рефлекс фиксации; затем фиксация в собственном смысле слова осуществляет ту функцию концентрации, которая характеризует внимание.

Но даже в этом случае «перцептивная центрация» («centration perceptive») не всегда совпадает с направлением взгляда, и Фресс и Вюрпилло (1956) показали, что фиксация взгляда и направленность внимания могут быть разъединены в этом явлении. Избирательная направленность внимания предполагает, следовательно, в сущности, *процессы центральной природы*. Нейрофизиология пытается в настоящее время подойти к этой трудной проблеме, которая фактически затрагивает еще более сложную проблему сознания.

Мы уже отмечали, что на всех уровнях бодрствования можно получать в реле-ядрах сенсорных путей или в коре мозга вызванные потенциалы, которые отражают движение сенсорных сообщений, их приход или преобразование на уровне центров. Возникает вопрос, может ли изучение этих показателей дать представление о том, как при всех этих сообщениях, достигающих центров, осуществляется избирательное усиление привилегированного сообщения, объясняющее концентрацию внимания.

Можно предложить две гипотезы: либо существует особый механизм, усиливающий действие пробуждающего внимание стимула, либо имеются механизмы торможения конкурирующих стимулов.

А. Усиление действия стимула, пробуждающего внимание

Обнаружено, что у животных и человека при постоянных стимулах *вызванные потенциалы* обнаруживают изменения амплитуды и области распространения, связанные с изменениями внимания, оцениваемыми самостоятельно или вызываемыми экспериментально.

Литература по этому вопросу хотя и обширна, но довольно разноречива, поскольку вызванные потенциалы крайне сложны как феномен и являются результатом взаимодействия многочис-

ленных факторов. Однако, если попытаться выбрать среди различных исследований лишь те, которые действительно сравнимы, можно резюмировать данные, собранные в настоящее время этим методом, следующим образом.

В проекционных областях коры зарегистрированные вызванные потенциалы включают в себя по крайней мере два ряда компонентов: колебания с коротким латентным периодом, соответствующим синаптическому потенциалу на уровне корковых клеток, и более поздние модификации дендритных потенциалов, отражающие приход сенсорного сообщения. Недавно было доказано (Дебекер, Демед и Маниль, 1965), что у человека этот первичный потенциал появляется только тогда, когда вызывающий его стимул воспринимается не менее, чем в 25% предъявлений. Но если первичный вызванный потенциал может быть, таким образом, в оптимальных условиях приведен в соответствие с перцептивными порогами, то другие компоненты коркового ответа обнаруживают колебания, связанные с вниманием. Действительно, за первичными компонентами ответов позднее следует совокупность компонентов сложной формы, гораздо более подверженная флуктуациям; она может быть зарегистрирована на уровне проекционных зон коры (неспецифические или «ретикулярные» ответы Брейзе, 1964), а также ассоциативных корковых областей («вторичные», Бюзе и Боренштейн, 1957, или «ассоциативные» ответы у животных, Альбе-Фессар и Ружель, 1958). Эти компоненты ответа увеличиваются по амплитуде, когда субъект направляет свое внимание на вызвавший его стимул. Демед и сотр. показали, что если испытуемый получает инструкцию сконцентрировать свое внимание на тактильном стимуле (мысленно считая слабые удары по пальцу), соматетический вызванный потенциал обнаруживает вторичные компоненты большой амплитуды; последние исчезают, когда испытуемого отвлекают одновременным предъявлением слуховых стимулов (см. рис. 15). Повышение внимания, направленного на звуки, когда нужно оценить их различительную интенсивность, также влечет за собой увеличение слухового вызванного потенциала (Дэвис, 1964). Наконец, эти флуктуации вызванных потенциалов, по-видимому, обнаруживают корреляцию с изменениями уровня бодрствования, оцениваемого по выполнению психометрических задач большой продолжительности: отключения внимания, устанавливаемые по необнаружению зрительного сигнала, выражаются в сокращениях амплитуды зрительных вызванных потенциалов (Хайдер, Спонг и Линдсли, 1964).

Вторичные кортикальные вызванные ответы обнаруживают *топографические* изменения, которые, вероятно, говорят об их распространении на большую территорию коры, когда субъект направляет свое внимание на стимул. Гарсия-Ауст, Богач и Ванцулли (1963) действительно констатировали такое распространение,

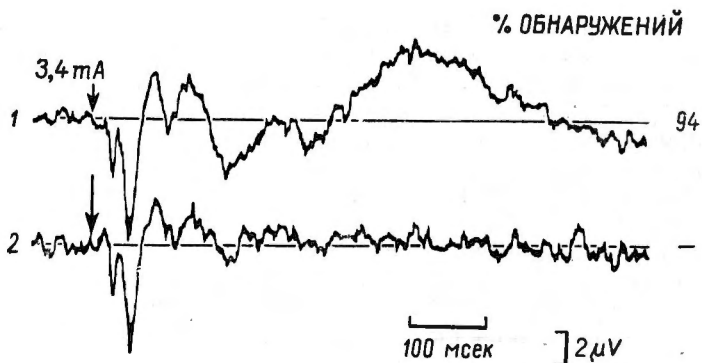


Рис. 15. Модификация соматетического вызванного потенциала в результате концентрации внимания.

Представлено усреднение 200 ответов, автоматически произведенное аппаратом с электронной памятью. Стимулом служил короткий электрический удар 3,4 ма, наносимый на палец.

1. Испытуемому дается инструкция сосредоточить внимание на своих ощущениях и мысленно считать удары (процент обнаружений указан на рис. справа). 2. Испытуемому дается инструкция считать слуховые щелчки, предъявляемые по второй независимой программе, в ходе всего сеанса.

Отметьте наличие позднего компонента соматетического потенциала большой амплитуды в ситуации 1 (концентрация внимания) и его исчезновение в ситуации 2 (отвлечение). (По Демеду Дж. Э., Дебекеру Дж. и Манилю Дж.)

когда испытуемый должен был сравнивать световые вспышки. Это распространение, в сущности, состоит в том, что ответы не ограничиваются первичными рецепторными зонами, а регистрируются также и в ассоциативных зонах коры. Эти исследования показывают, таким образом, что внимание проявляется в повышении активности затронутых стимулом кортикальных зон, а также в захвате афферентным сообщением обширных территорий коры. Следовательно, «фокусировка» как образ не объясняет центральных явлений. Внимание с перцептивной точки зрения играет роль диафрагмы, в то же время оно вызывает мобилизацию центров в пользу стимулов, привлекающих внимание. Как понять это усиление действия привлекающих внимание сообщений? Объясняется ли оно непосредственно активацией структур, регулирующих уровень бодрствования? Этот последний вопрос в настоящее время очень запутан противоречивостью данных, полученных в результате нейрофизиологических экспериментов. Действительно, если обратиться не к поведенческим критериям внимания, а к изменениям в ЭЭГ, то обычно корковые вызванные потенциалы (первичные или вторичные) больше по амплитуде на фоне «десинхронизации» в ЭЭГ, то есть при

высоком уровне бодрствования. Наряду с этим ретикулярная стимуляция у животных влечет за собой депрессию вызванных потенциалов. Это противоречие нередко ставило в тупик нейрофизиологов. Однако следует напомнить несколько фактов, которые, возможно, прольют некоторый свет на механизмы внимания.

В момент кортикального пробуждения вызванные потенциалы могут обнаруживать большую амплитуду, если вызывающий их стимул ответствен также и за реакцию пробуждения. То, что вызывает внезапное *пробуждение* внимания, одновременно влечет за собой, следовательно, диффузную кортикальную активацию и значительное усиление сенсорных сообщений. Продолжительность такого облегчения была определена для первичного потенциала Дюмон и Деллем (1960) в 100—250 мсек, период, совпадающий с моторными проявлениями ориентировочной реакции. Дюмон и Делл (1960), а также Бремер, Ступел и Ван-Рет (1960) показали, что если первичные кортикальные потенциалы вызываются не адекватным для них стимулом, а раздражением электрическим током сенсорных путей, то ретикулярная стимуляция вызывает значительное облегчение этих потенциалов. Предполагают, что, если стимул достаточно интенсивен, сенсорное сообщение сможет преодолеть рефрактерность кортикальных нейронов, возбужденных неспецифическими активирующими афферентными раздражителями ретикулярной природы, действие которых выражается на ЭЭГ реакцией пробуждения. Влияние ретикулярной активации на кортикальные нейроны является, по всей видимости, двойственным: с одной стороны, оно снижает порог их ответа на специфические сообщения, усиливает последние и облегчает внутрикортикальную передачу; с другой — оно повышает их автономную активность, которая выражается в реакции пробуждения. Факт *конвергенции* на одних и тех же нейронах специфических и неспецифических импульсов объясняет то, что если последние слишком значительны, то они вызывают *закрывание* нейронов, которые становятся рефрактерными к специфическим сообщениям. Этот последний феномен можно продемонстрировать с помощью инъекции амфетамина (Бремер и Ступел, 1959) — наркотика, который повышает ретикулярный тонус, вызывает интенсивное пробуждение и снимает облегчение вызванных потенциалов. Впрочем, часто отмечалось, что употребление этих возбуждающих средств в значительных дозах хотя и повышает общий уровень активности, влечет за собой нарушения бодрствования. Мы сталкиваемся здесь с понятием «оптима активации», часто упоминаемого в плане поведения.

Бремер и сотр. (1960) предложили вероятностное истолкование этих проблем: ретикулярная активация средней интенсивности, по-видимому, исключает из ответа на специфические импульсы некоторое число корковых нейронов. Но в то же время

она усиливает, вероятно, способность передачи самих специфических сенсорных импульсов и увеличивает внутримозговую иррадиацию нейронов, возбужденных этими импульсами. Таким образом, по всей видимости, реализуется этот избирательный, концентрирующий аспект, исчезающий, когда активация слишком интенсивна: в этом случае преобладание тормозного влияния объясняет явления сенсорного «ослепления», характеризующего состояния крайнего эмоционального возбуждения.

Все предыдущие соображения касаются возможного взаимодействия коры и ретикулярной формации в явлениях концентрации внимания. Однако для объяснения этих явлений ссылаются также на возможное вмешательство структуры, которая, по-видимому, ответственна за *специфическое бодрствование* (Сулерак, 1958) и активность которой накладывается на активность, регулирующую диффузное бодрствование. В самом деле, *неспецифическая таламическая система* (или таламическая ретикулярная формация) представляет собой роstralное продолжение активирующей ретикулярной формации, но свойства ее другие: стимуляция ее вызывает более локальную реакцию пробуждения в коре (Джаспер, 1949), а ее разрушение уничтожает при выработке условного рефлекса ту фазу, когда у нормального животного условный сигнал вызывает локальное кортикальное пробуждение в зоне условного раздражителя (Моррелл, 1953); наконец, в отличие от активирующей ретикулярной формации (структуры, чувствительной к изменениям количества адреналина в крови) функционирование неспецифических таламических ядер имеет, по-видимому, холинэргическую природу (Ринальди и Химвич, 1955). Эта последняя черта роднит эту структуру с парасимпатической системой, влияния которой, как известно, более специфичны и локальны, чем влияния симпатической системы. Однако явление рекрутмента, или реакция вовлечения кортикальных ритмов, вызываемое низкочастотной стимуляцией таламической ретикулярной формации (Демпси и Морисон, 1942), по-видимому, имеет отношение к дифференциации подкрепляемых и неподкрепляемых стимулов при выработке условных рефлексов. В самом деле, Вайнбергеру и сотр. (1965) удалось модифицировать этот ответ при предъявлении подкрепляемого стимула, тогда как предъявление неподкрепляемого стимула его не изменяло. Можно, следовательно, предположить (Фессар и Гасто, 1958), что стимул, привлекающий внимание, влечет за собой сначала генерализованное пробуждение ретикулярной формации, а затем — на втором этапе — приводит в действие таламическую ретикулярную формацию, которая связана уже с более специфическими влияниями. Понятно, однако, что в настоящее время подобные схемы остаются весьма гипотетическими.

Б. Торможение конкурирующих стимулов

Вместо того чтобы искать механизмы, ответственные за усиление сенсорных сообщений, передающих информацию, содержащуюся в стимуле, привлекающем внимание, можно предположить, что концентрация внимания является результатом торможения сообщений, исходящих от *других стимулов*. Ряд экспериментов, проведенных Жуве (1960) и Эрнандес-Пеоном (1961), привел этих авторов к предположению о существовании специального аппарата контроля, пропускающего к коре лишь значимые сообщения, в то время как другие блокируются на периферии. У кошки, например, слуховые потенциалы, зарегистрированные на уровне периферического реле-ядра (кохлеарное ядро), могут исчезнуть, если внимание животного направлено на такой стимул, как мышь (Эрнандес-Пеон, Шеррер и Жуве, 1956). Жуве (1957) получил у человека уменьшение амплитуды зрительных вызванных потенциалов в наружном коленчатом теле, когда субъект направлял свое внимание на незрительные стимулы.

Подобный контроль центров над периферией не представляет собой ничего неправдоподобного, и многочисленные анатомо-физиологические данные говорят о существовании центрифугальных путей, идущих либо к сенсорным реле-ядрам, либо к самим рецепторам. Между тем истолкование упомянутых и им подобных экспериментов неоднократно подвергалось сомнению (см., например, Южлен, Дюмон и Пайа, 1960; Хорн, 1965), поэтому эту проблему не следует считать окончательно решенной. Во всяком случае, не известно, какой механизм лежит в основе такого избирательного тормозного контроля.

В конечном счете концентрацию внимания можно по-видимому, понимать как результат процесса *контраста*, основанного на природе стимулов, привлекающих внимание. Если допустить, что эти стимулы обладают качествами интенсивности, новизны и аффективного «заряда», которые в данный момент отличают их от других стимулов, то можно считать, что пробуждение внимания к ним закономерно. Дж.-А. Дейч и Д. Дейч (1953) отметили в связи с этим, что необязательно ссылаться на аналитическую систему, которая сравнивает якобы относительное значение всех сообщений по отношению друг к другу: действие всякого стимула зависит только от непосредственно предшествующего ему состояния систем регуляции бодрствования. Наконец, важные работы Экклса (1965) о пресинаптическом торможении позволяют сделать вывод об отборе сообщений даже до того, как они преодолеют синапсы вставочных нейронов на уровне коры мозга или ретикулярной формации. «Важное» сообщение, то есть сообщение, имеющее большую интенсивность по сравнению с другими стимулами, действующими в данный момент, способно

устранить влияние этих последних на центральную нервную систему. В этом случае избирательность и концентрация внимания осуществляются самой рецепторной системой без вмешательства центрифугального тормозного механизма.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Adey W. R., L'élaboration et le stockage de l'information dans le système nerveux, in: Monnier A. M., „Actualités neurophysiologiques“, 5^e série, Paris, Masson, 1964, p. 263—295.
- Adrian E. D., Matthews B. H. C., The interpretation of potential waves in the cortex, «J. Physiol.», Londres, 1934, 81, 440—471.
- Albe-Fessard D., Rougeul A., Activités d'origine somesthésique évoquées sur le cortex non spécifique du chat anesthésié au chloralose, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1958, 10, 131—152.
- Ben Helen C., Barratt P. E. H., Discrimination and conditioning during sleep as indicated by Electroencephalogram, «Science», 1965, 147, 1470—1471.
- Benoit Odile, Bloch V., Seuil d'excitabilité réticulaire et sommeil profond chez le chat, «J. Physiol.», 1960, 52, 17—18.
- Berlyne D. E., Conflict, arousal and curiosity, New York, McGraw Hill, 1960.
- Bloch V., Sur les conceptions actuelles de l'émotion, in: «La psychologie du XX^e siècle», Paris, Presses Universitaires de France, 1954.
- Le contrôle central de l'activité électrodermale, Paris, Masson, 1965.
- Bloch V., Bonvallet Marthe, Contrôle cortico-réticulaire de l'activité électrodermale, «J. Physiol. Paris», 1959, 51, 405—406.
- Bloch V., Bonvallet Marthe, Le déclenchement des réponses électrodermales à partir du système réticulaire facilitateur, «J. Physiol.», 1960, 52, 25—26.
- Bloch V., Denti A., Schmaltz G., Effets de la stimulation réticulaire sur la phase de consolidation de la trace mnésique, «J. Physiol.», 1966, sous presse.
- Bloch V., Valat Michèle, Roy J. C., Influences des afférences musculaires sur le tonus réticulaire, «J. Physiol. Paris», 1965, 57, 561—562.
- Bonvallet Marthe, Dell P., Hiebel G., Tonus sympathique et activité électrique corticale, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1954, 6, 119—144.
- Bonvallet Marthe, Zbrozyna A., Les commandes réticulaires du système autonome et en particulier de l'innervation sympathique et parasympathique de la pupille, «Arch. ital. Biol.», 1963, 101, 174—207.
- Brazier Mary, Information carrying characteristics of brain responses, in: «The physiological basis of mental activity», 1964.
- Bremer F., Cerveau isolé et physiologie du sommeil, «C. R. Soc. Biol. Paris», 1935, 118, 1235—1242.
- Bremer F., Stoupel N., Étude pharmacologique de la facilitation des réponses évoquées corticales dans l'éveil réticulaire, «Arch. int. Pharmacodyn.», 1959, 122, 234, 248.
- Buckner D. N., McGrath J. J., éd., Vigilance: A symposium, New York, McGraw Hill, 1963.
- Buendia N., Sierra G., Goode M., Segundo J. P., Conditioned and discriminatory response in wakeful and in sleeping cats, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 15, 1963.
- Buser P., Borenstein P., Réponses corticales secondaires à la stimulation sensorielle chez le chat curarisé et anesthésié, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1957, suppl. 6, 89—108.
- Cannon W. B., Bodily changes in pain, hunger, fear and rage. An account of recent researches into the function of emotional excitement, New York, Appleton-Century, 1915.

- Cardo B., *Rapports entre le niveau de vigilance et le conditionnement chez l'animal*, Paris, Masson, 1961.
- Cavaggioni A., Giannelli G., Santibañez H. G., Effect of repetitive photic stimulation on responses evoked in the lateral geniculate body and the visual cortex, *Arch. ital. Biol.*, 1959, **97**, 266—275.
- Davis H., Enhancement of evoked cortical potentials in humans related to a task requiring a decision, *Science*, 1964, **145**, 182—183.
- Davis R. C., Modification of the galvanic reflex by daily repetition of a stimulus, *J. exp. Psychol.*, 1934, **17**, 504—535.
- Debecker J., Desmedt J.-E., Manil Jacqueline, Sur la relation entre le seuil de perception tactile et les potentielles évoqués de l'écorce cérébrale somatosensible chez l'Homme, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1965, **260**, 687—689.
- Dell P., Bonvallet M., Hugelin A., Mechanisms of reticular deactivation, in: *The nature of sleep*, Londres, Churchill, 1961, 86—102.
- Dement W., Kleitman N., The relation of eye movements during sleep to dream activity: an objective method for the study of dreaming, *J. exp. Psychol.*, 1957, **53**, 339—346.
- Dempsey E. W., Morison R. S., The production of rhythmically recurrent cortical potentials after localized thalamic stimulation, *Amer. J. Physiol.*, 1942, **135**, 293—300.
- Deutsch J. A., Deutsch D., Attention: Some theoretical considerations, *Psychol. Rev.*, 1963, **70**, 80.
- Diamond I. T., Neff W. D., Ablation of temporal cortex and discrimination of auditory patterns, *J. Neurophysiol.*, 1957, **20**, 300—315.
- Dodge R., Habituation to rotation, *J. exp. Psychol.*, 1923, **6**, 1—35.
- Duffy Elisabeth, *Activation and Behavior*, New York, John Wiley, 1962.
- Dumont Suzanne, Dell P., Facilitation réticulaire des mécanismes visuels corticaux, *E. E. G. clin. Neurophysiol.*, 1960, **12**, 769—796.
- Durup G., Fessard A., L'électroencéphalogramme de l'Homme; observations physiologiques relatives à l'action des stimuli visuels et auditifs, *Année psychol.*, 1936, **36**, 1—32.
- Dustman R. E., Boswell R. S., Porter P. B., Beta-brain waves as an index of alertness, *Science*, 1962, **137**, 533—534.
- Eccles J. C., Presynaptic inhibition in the central nervous system, *Acta Physiologica*, *Acad. Sci. Hungaria*, 1965, **26**, 163—180.
- Emmons W. H., Simon C. W., The non-recall of material presented during sleep, *Rand. Co. Res. Mem.*, № 1444, 1954.
- Evarts E. V., Neuronal activity in visual and motor cortex during sleep and waking, in: *Aspects anatomo-fonctionnels de la physiologie du sommeil*, Paris, 1965, p. 189, 209, Coll. C. N. R. S.
- Fessard A., Gastaut M., Corrélations physiologiques de la formation des réflexes conditionnés, in: *Le Conditionnement et l'apprentissage*, Paris, Presses Universitaires de France, 1958.
- Fraisse P., Durup G., Voillaume C., Alerte psychologique et alerte physiologique: L'indépendance du temps de réaction par rapport à la présence ou au blocage de l'alpha, *Année psychol.*, 1959, **59**, 345—353.
- Fraisse P., Voillaume C., Capacité d'appréhension, niveau d'attention et blocage du rythme alpha, *Année psychol.*, 1961, **61**, 51—57.
- Fraisse P., Vurpillot Eliane, Attention et champ d'appréhension, *Année psychol.*, 1956, **56**, 433—436.
- Freeman G. L., The facilitating and inhibitory effects of muscular tension upon performance, *Amer. J. Psychol.*, 1933, **45**, 17—52.
- *The energetics of human behavior*, Ithaca, Cornell Univ. Press, 1948.
- Fuster J. M., Tachistoscopic perception in monkeys, *Fed. Proc.*, 1957, 16—43.
- Granda A. M., Hammach J. T., Sperant behaviour during sleep, *Science*, 1961, **133**, 1485.
- Guillaume P., *La formation des habitudes*, Paris, Alcan, 1936.
- Haider M., Spong P., Lindsley D. B., Attention, vigilance and cortical evoked potentials in Humans, *Science*, 1964, **145**, 180—182.

- Head H., The conception of nervous and mental energy. II: Vigilance: A physiological state of the nervous system, «Brit. J. Psychol.», 1923, 14, 126.
- Hebb D. O., Drives and the C. N. S. (Conceptual nervous system), «Psychol. Rev.», 1955, 62, 243—254.
- Hernandez-Péon R., Reticular mechanisms of sensory control, in: Rosenblith W. A., éd., Sensory communication, New York, M. I. T. Press and John Wiley, 1961, p. 497—520.
- Hernandez-Péon R., Sherrer H., Jouvét M., Modification of electric activity in cochlear nucleus during «attention» in unanesthetized cats, «Science», 1956, 123, 331—332.
- Hernandez-Péon R., Jouvét M., Sherrer H., Auditory potentials at the cochlear nucleus during acoustic habituation, «Acta neurol. latino-amer.», 1957, 3, 114—116.
- Hess R. Jr., The diencephalic sleep center, in: «Brain mechanisms and consciousness», Oxford, Blackwell, 1954, p. 117—136.
- Horn G., Physiological and psychological aspects of selective perception, in: Lehrman D. S., Hinde R. A., Shaw E., Advances in the study of behavior, vol. I, New York—Londres, Academic Press, 1965, p. 155—215.
- Horn G., Hill R. M., Habituation of the response to sensory stimuli of neurons in the brain stem of rabbits, «Nature», 1964, 202, 296—298.
- Hugelin A., Bonvallet Marthe, a) Tonus cortical et contrôle de la facilitation motrice d'origine réticulaire, «J. Physiol. Paris», 1957, 49, 1171—1200.
- b) Étude expérimentale des interrelations réticulo-corticales. Proposition d'une théorie de l'asservissement réticulaire à un système diffus cortical, «J. Physiol.» Paris, 1957, 49, 1201—1204.
- Hugelin A., Bonvallet M., Dell P., Activation réticulaire et corticale d'origine chemoceptive au cours de l'hypoxie, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1959, 11, 325—340.
- Hugelin A., Dumont S., Paillas N., Formation réticulaire et transmission des informations auditives au niveau de l'oreille moyenne et des voies acoustiques centrales, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1960, 12, 797—818.
- Izquierdo I., Wyrwicka W., Sierra G., Segundo J. P., Établissement d'un réflexe de trace pendant le sommeil naturel chez le chat, in: Monnier A.-M., Actualités neuro-physiologiques, 5^e série, Paris, Masson, 1965, 277—296.
- Janet P., La tension psychologique et ses oscillations, in: Dumas G., Traité de Psychologie, Paris, Alcan, 1923.
- Jouvét M., Étude neurophysiologique chez l'Homme de quelques mécanismes souscorticaux de l'attention, «Psychol. française», 1957, 2, 250.
- Jouvét M., Recherches sur les structures nerveuses et les mécanismes responsables des différentes phases du sommeil physiologique, «Arch. ital. Biol.», 1962, 100, 125—206.
- Kleitman N., Sleep and wakefulness, 2^e éd. revue et corrigée, Chicago—Londres, Univ. of Chicago Press, 1963.
- Lansing R. W., Relation of brain and tremor rhythms to visual reaction-time, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1957, 9, 497.
- Lazarus R., McCleary R. A., Autonomic distinction without awareness: A study of subception, «Psychol. Rev.», 1951, 58, 113—122.
- Lesèvre Nicole, Les mouvements oculaires d'exploration, thèse III^e Cycle, Paris, 1964.
- Lettvin J. Y., Maturana H. R., Pitts W. H., McCullock W. S., Two remarks on the visual cortex of the frog, in: Rosenblith W. A.; éd., Sensory Communication, New York, J. Wiley, 1961, p. 757—776.
- Линдслей Дональд Б., Эмоции. Экспериментальная психология. Сост. С. Стивенсон, т. I, М., ИЛ, 1960.
- The reticular system and perceptual discrimination, in: Jasper H. H.

- et coll., *Reticular formation of the brain*, Boston, Little Brown, 1958, p. 513—534.
- Attention, consciousness, sleep and wakefulness, in: «*Handbook of Physiology*», Washington, «*Amer. Physiol. Soc.*», 1960, p. 1553—1593.
- Macworth N. H., *Researches on the measurement of Human performance*, «*Med. Res. Council spec. Rep. Series*», 1950, 268.
- Magnes J., Moruzzi G., Pompeiano, *Electroencephalogram synchronizing structure in the lower brain stem*, in: «*Ciba Symposium on the Nature of Sleep*», Londres, 1961, p. 57—58.
- Malmo R. B., *Activation: A neuropsychological dimension*, «*Psychol. Rev.*», 1959, 66, 367—386.
- Mancia M., Meulders M., Santibañez H. G., *Changes of photically evoked potentials in the visual pathway of the cerveau isolé cat*, «*Arch. ital. Biol.*», 1959, 97, 378—398.
- Mancia M., Meulders M., Santibañez H. G., *Changes of photically evoked potentials in the visual pathway of the midpontine pretrigeminal cat*, «*Arch. ital. Biol.*», 1959, 97, 399—413.
- Mandel P., Godin Y., *Approches biochimiques au problème du sommeil*, in: «*Aspects anatomo-fonctionnels de la physiologie du sommeil*», Paris, 1965, p. 13—34, coll. C. N. R. S.
- Morrell F., *Some electrical events involved in the formation of temporary connections*, in: «*Reticular formation of the brain*», Londres, Churchill, 1957, 545—560.
- Moruzzi G., Magoun H. W., *Brain stem reticular formation and the activation of the E. E. G.*, «*E. E. G. clin. Neurophysiol.*», 1949, 1, 455—473.
- Ombredane A., Faverge J.-M., *L'analyse du travail*, Paris, Presses Universitaires de France, 1955.
- Oswald I., Taylor A. M., Treisman M., *Discrimination responses to stimulation during human sleep*, *Brain*, 1960, 83, 440.
- Ozorio de Almeida M., Piéron H., *Action de la peau sur l'état général du système nerveux chez la grenouille*, «*C. R. Soc. Biol.*», 1924, 90, 422—424.
- Павлов И. П., *Полное собрание сочинений*, Изд. АН СССР, М., 1951—1952.
- Piéron H., *Le problème physiologique du sommeil*, Paris, Masson, 1913.
- *Psychologie expérimentale*, Paris, Colin, 1927.
- *L'attention*, in: Dumas G., éd., *Nouveau traité de psychologie*, Paris, Presses Universitaires de France, 1934.
- *De l'actinie à l'homme*, Paris, Presses Universitaires de France, 1958.
- *Vocabulaire de la Psychologie*, 3^e éd., Paris, Presses Universitaires de France, 1963.
- Requin Sylvie, *Amélioration du temps de réaction simple par stimulation de la formation réticulaire chez le chat. Résultats préliminaires*, «*C. R. Soc. Biol.*», 1966, sous presse.
- Rheinberger M., Jasper H. H., *Electrical activity of the cerebral cortex in the unanaesthetized cat*, «*Amer. J. Physiol.*», 1937, 119, 186—196.
- Rinaldi F., Hinwich H. E., *Cholinergic mechanism involved in function of mesodiencephalic activating system*, «*Arch. Neurol. Psychiat.*», 1955, 73, 396.
- Rowland V., *Differential electroencephalographic response to conditioned auditory stimuli in arousal from sleep*, «*E. E. G. clin. Neurophysiol.*», 1957, 9, 585.
- Scheibel M. E., Scheibel A. B., *The response of reticular units to repetitive stimuli*, «*Arch. ital. Biol.*», 1965, 103, 279—299.
- Sharpless S. K., Jasper H. H., *Habituation of the arousal reaction*, *Brain*, 1956, 79, 655—680.
- Simon C. W., *Sleep and learning*, in: «*Proc. XVIIth Internat. Congr. Psychol.*», Amsterdam, North-Holland Cy., 1964.
- Simon C. W., Emmons W. H., *Learning during sleep*, «*Psychol. Bull.*», 1955, 52, 328.

- Skinner B. F., The behavior of organisms, New York, Appleton-Century-Crofts, 1938.
- Sokolov E. N., Neuronal models and the orientating reflex, in: Brazier Mary, éd., Transactions of the third Conference, New York, «J. Macy Jr. Foundation», 1960, p. 187—276.
- Soulairac A., Les régulations psychophysiologiques de la faim, «J. Physiol.», 1958, 50, 663—783.
- Viaud G., Le pouvoir réparateur du sommeil et les variations diurnes de l'activité, «C. r. Soc. Biol. Paris», 1945, 139, 553—555.
- Walsh E. G., Visual reaction-time and the alpha rythm, and an investigation of the scannings hypothesis, «J. Physiol. Londres», 1952, 118, 500—508.
- Wilkinson R. T., Effects of sleep deprivation on performance and muscle tension, in: Wolstenholme G. E. W., O'Connor M., The nature of sleep, Londres, Churchill, 1961, p. 329—336.
- Вудвортс Р. С., Экспериментальная психология, М., 1951.
- Woodworth R. S., Schlosberg H., Experimental Psychology, New York, Holt, 1954.
- Worden F. G., Marsh J. T., Amplitude changes of auditory potentials evoked at cochlear nucleus during acoustic habituation, «E. E. G. clin. Neurophysiol.», 1963, 15, 866—881.

Глава X

ПОТРЕБНОСТИ

Анри Пьерон

СОДЕРЖАНИЕ

I. Введение	147
II. Жажда	149
§ 1. Природа и значение жажды, 149; § 2. Возникновение и утоление жажды, 151; § 3. Жажда при нарушениях регуляции, 153; § 4. Нейрофизиологические механизмы регуляции, 154; § 5. Жажда и поведение, 156	
Библиография	158
III. Голод	159
§ 1. Природа и значение голода, 159; § 2. Возникновение и утоление голода, 162; § 3. Регулирующие механизмы и расстройства пищевой потребности, 164; § 4. Роль условных рефлексов и психологических факторов, 168	
Библиография	170
IV. Регуляция пищевых потребностей (appetits)	172
§ 1. Выбор, приписываемый «мудрости тела», 172; § 2. Потребность в соли, 173; § 3. Потребность в белках, 175; § 4. Потребность в углеводах и жирах, 177; § 5. Недостаточность различных веществ и роль условных рефлексов, 180; § 6. Вариабельность в выборе пищевых продуктов и приятный вкус пищи, 183	
Библиография	185
V. Половое побуждение	187
§ 1. Биологическое введение, 187; § 2. Нейроэндокринные механизмы, 189; § 3. Психофизиологический детерминизм в половом поведении, 192	
Библиография	195

I. ВВЕДЕНИЕ

Испытывать потребность — это, в сущности, значит ощущать нехватку чего-либо, которую пытаются восполнить, а это как раз и определяет некоторое побуждение (drive), управляющее поведением животного или человека.

Современный человек испытывает бесчисленное множество потребностей, большинство которых имеет довольно короткое транзиторное действие. Таковы, в частности, многие потребности, возникающие в социальной жизни: потребность во враче, сапожнике, парикмахере, счетоводе или потребность в ножницах, авторучке, лифте, когда нужно добраться до 50-го этажа небоскреба. Некоторые из этих потребностей могут быть длительными или даже стать постоянными, например потребность курить. Когда в основе социальных требований кроется чувство фрустрации, мечты, смутные желания превращаются в потребности: потребность в квартире, автомобиле, телевизоре.

Развитие культуры выражается в умножении потребностей в противоположность крайне простой жизни примитивных народов, которые еще и счастливы к тому же, особенно если живут в теплых районах, где жизнь легка, как, например, на многочисленных океанских островах.

Однако у всякого живого существа есть основные потребности, удовлетворение которых является необходимым условием жизни индивида и вида.

Вегетативные регуляции обеспечивают в значительной части гомеостазис, который составляет основной закон жизни и не зависит от поведения, регулирующего сложные отношения с внешней средой. Иногда должно осуществляться совместное действие этих двух систем. Свидетельством тому может служить существование кортикальной проекции висцеральных афферентных импульсов¹. Такое взаимодействие — с учетом социальных табу — очевидно в отношении мочеиспускания и дефекации, возможно в отношении кашля и рвоты, составляет исключение для дыхания; в этой связи следует отметить, что число исключений множится вместе с фактом развития подводной жизни, полетов в высоких слоях атмосферы и в космосе, так как в указанных случаях только искусственное вмешательство может дать легким необходимый кислород и устранить углекислый газ. С другой стороны, случаи астмы помогают понять страдания, возникающие при дыхательной недостаточности.

Взаимодействие поведения и вегетативной регуляции необходимо для поддержания постоянной температуры тела в холодное время в поясах умеренного климата или в зонах, близких к полюсам, где требуется теплая одежда и теплое жилье.

Особый случай составляет сон. Многочисленные исследования позволили определить его сложные нервные механизмы, которые при нормальной жизни действуют ритмично. Сон совершенно необходим для поддержания жизни, и, если ему мешать,

¹ A massian V. E., Cortical representation of visceral afferents. Fiber group and spinal pathways of cortically represented visceral afferents, «J. Neurophysiol.», 1951, 14, 133 et 445.

через несколько дней наступает смерть¹. Но бывают такие нарушения механизмов, которые делают очень трудным засыпание, что вызывает постоянное желание спать, в свою очередь препятствующее засыпанию, ибо желание спать поддерживает состояние бодрствования, тогда как нужно как раз выйти из этого состояния. Роль поведения здесь ограничивается поисками условий среды, благоприятных для сна, и по мере возможности устранением мыслей, которые могут породить беспокойство или интеллектуальное усилие. Начало засыпания проявляется в потере зрительной фиксации и в стремлении закрыть глаза. Засыпанию способствует монотонное, неинтересное чтение.

Что касается потребности в пище, то здесь участие поведения совершенно необходимо. Деятельность большинства организмов направлена в основном (если не исключительно) на удовлетворение жажды и голода.

Таковыми потребностями прежде всего занимается психофизиология. Множество экспериментальных исследований позволили пролить свет на многочисленные неясности, связанные с жаждой и голодом.

Мы в первую очередь остановимся на исследованиях жажды, потребности самой простой и наиболее настоятельной, приводящей в случае ее неудовлетворения к смерти (в короткий срок и с большими страданиями). Потом мы рассмотрим вопрос о голоде в его самой общей форме (потребность в энергии) и с точки зрения избирательных потребностей.

Мы кратко проанализируем также проявление половых инстинктов, которые играют значительную роль в общественной жизни, обеспечивая преемственность поколений и удовлетворяя половую потребность, подчиненную у человека не только общим нейроэндокринным процессам, но и частично кортикальным функциям и психосоциальным регуляциям.

II. ЖАЖДА

§ 1. Природа и значение жажды

Жажда — это потребность организма. Она выражает нехватку воды, нехватку, которая должна быть восполнена.

В условиях нормального функционирования организма потери воды происходят при выделении мочи, кожных и дыхательных испарениях, потоотделении и, наконец, при дефекации.

¹ Pieron H., Le problème physiologique du sommeil, Paris, 1912.

Смерть от навязанной бессонницы наступает в результате кортикальных нарушений, которые поначалу обратимы, если настоятельная потребность в сне удовлетворена. Нарушения и соответствующая потребность возникали у нормальной собаки после вентрикулярного введения спинномозговой жидкости животного, страдающего бессонницей.

Общее количество потерь воды за 24 часа и соответствующие пропорции ее выхода по четырем каналам зависят главным образом от внешней температуры и атмосферной влажности, а также от физического труда, способствующего повышению температуры тела. Однако увеличению температуры тела препятствует механизм гомеостаза, управляющий прежде всего выходом воды через кожу. Человек в среднем теряет приблизительно 2500 г воды, причем половина выделяется при мочеиспускании, четверть — через кожу, немногим меньше четверти — через легкие и остальное — с калом. Часть воды восполняется пищей¹, остальное приносит питье.

Количество воды в организме составляет примерно треть веса тела (каждая клетка содержит некоторое количество воды, поддерживаемое на постоянном уровне). Компенсация потерь осуществляется с помощью нервно-гуморальной системы, причем запас воды содержится в крови, которая в свою очередь подвержена гомеостазу. Если количество потребляемой воды превосходит потери, кровь становится жидкой, если же потери не компенсируются, она концентрируется. Но для существования красных кровяных шариков необходимо постоянное осмотическое давление. Действующий при этом механизм был рассмотрен Андре Майером (1900) в работе по исследованию жажды.

Колебания количества воды в крови должны быстро компенсироваться. Если при разжижении крови уменьшается осмотическое давление, происходит увеличение мочевых выделений. В нормальных условиях мочевая регуляция осмотического давления полностью обеспечивается гипоталамо-гипофизарным механизмом². Но в случае повышения осмотического давления крови необходимо вмешательство поведения и предупреждение соответствующих центров. Между тем это повышение давления вызывает прекращение слюноотделения, обезвоживание слизистой оболочки полости рта и глотки и тепловое расширение сосудов, что выражается в жажде, в потребности в воде. Такую гипотезу выдвинул Андре Майер и подтвердил Кеннон (1918) в опытах на самом себе, в частности вводя атропин, тормозящий слюноотделение. Когда нормальное слюноотделение (14 см³ за 5 мин.) уменьшается до 11 см³, появляется жажда, при 7 см³ она становится настоящей; обезвоживание слизистой оболочки переносится крайне мучительно. К тому же добавляются сокращения глотки, которые, по мнению Л. Р. Мюллера (1920), поро-

¹ В различных пищевых продуктах содержится от 15 (масло) до 95% (салат-латук) воды. В мясе — от 50 до 70%, в яйцах — 74, в картофеле — 78, в хлебе — 40% воды.

² Когда кровь разжижается, уменьшается количество антидиуретического гормона АДГ, выделяемого нейрогипофизом, и мочевые выделения возрастают.

ждают жажду. Таким образом, жажда является фактором гомеостатической регуляции осмотического давления крови, управляющим общим содержанием воды в организме.

§ 2. Возникновение и утоление жажды

Неоднократно было показано, что паралич слюноотделения является достаточным условием для возникновения жажды и что, с другой стороны, кокаинизация слизистой оболочки полости рта и глотки может привести к временному ее утолению.

Наблюдая за кроликами, которых в течение 7 дней лишали питья, Пэк (1923) установил, что животные, у которых с помощью пилокарпина вызывали секрецию слюны, пили значительно меньше. Однако необходимо отличать истинную жажду от потребности увлажнить слизистую оболочку полости рта. В этом отношении показателен случай, который наблюдал Стеггерда (1941). Речь идет о больном, у которого были атрофированы слюнные железы: частота приемов пищи у него была значительно больше, чем у нормального субъекта, но при этом он потреблял очень небольшое количество воды, так что ежедневно поглощаемый объем не отличался от нормального. Таким образом, помимо обезвоживания слизистой, в детерминировании и регуляции жажды участвуют и другие факторы.

В самом деле, что было бы, если бы животному, испытывающему жажду, давали пить, оставляя неизменной концентрацию крови, с помощью желудочной фистулы?

В этих условиях животное, выпив некоторое количество воды, прекращает пить, но вскоре снова принимается пить, и в конечном счете жажда никогда не утоляется, хотя обезвоживания слизистой рта и не происходит. С другой стороны, прекращение слюноотделения у собаки вызывает довольно частые поиски воды, хотя общее количество потребляемой воды не меняется. Мидлер, Сэмплайнер и Вудроу (1957) давали крысам, испытывающим жажду, небольшое количество воды или вводили такое же количество в желудок с помощью фистулы, а затем позволяли им пить столько, сколько они хотели. При этом авторы констатировали, что животные, которые пили, потребляли впоследствии значительно меньше воды по сравнению с теми, которым вода была введена в желудок (это происходило до того, как устанавливалось осмотическое равновесие). Некоторое действие может вызывать и другой желудочный фактор: растяжение, которое изучал Тоббин (1949) у собак с эзофаготомией. Животные, испытывая жажду, имели возможность пить, но вода никогда не попадала в желудок; в таких условиях животные пьют значительно больше, чем этого требовал бы дефицит. Однако если искусственно растягивать желудок с помощью надутого

баллона, то количество потребляемой воды заметно уменьшается. Этот эффект устраняется при ваготомии, которая приводит к уничтожению желудочной чувствительности. Тот же автор (1955) констатировал, что в нормальных условиях собака за один прием выпивает довольно постоянное количество воды, но после ваготомии это количество возрастает, а после грудной симпатэтомии, напротив, уменьшается.

Беллоуз и Ван Вагенен (1939) показали, что обонятельные, вкусовые, тактильные ощущения не оказывают сколько-нибудь заметного влияния, поскольку резекция соответствующих нервов не приводит к изменениям в поглощении воды.

Если жажда вызывается сухостью во рту, то она не может быть утолена в результате простого местного увлажнения, она может возникнуть вследствие повышения давления крови и без лишения воды, но ее утоление всегда происходит при условии внутривенного или желудочного введения воды.

О'Келли и Бек (1960) вызывали жажду у крыс, вводя через трубку в желудок солевой раствор, и показали, что вызванная таким образом жажда пропорциональна концентрации введенного раствора.

Стеллар, Хаймен и Шервуд (1954) изучали влияние солевых концентраций жидкостей на их поглощение у крыс: при концентрации NaCl до 0,8% (что соответствует изотонии) поглощаемое количество возрастало и постепенно уменьшалось при увеличении концентрации, а при 8 или 9% равнялось нулю. Однако в некоторых случаях, когда пищеводная фистула не позволяет жидкости проникнуть в желудок, возможно поглощение несколько более концентрированных растворов. Рихтер и Мозье (1954), добавляя в пищу крысе различные количества NaCl, наблюдали, что она поглощала затем количество воды, пропорциональное дополнительному количеству соли (50—60 см³ на грамм соли).

А. Ф. Вольф (1950) в осмометрическом анализе, проведенном на человеке и собаке, определил порог повышения давления (по содержанию воды в клетке), порождающий жажду в нормальном состоянии и после введения солевых растворов, и установил «изодипсические» параметры; жажда хорошо коррелировала с уровнем давления.

Адольф и Беллоуз (1939) обнаружили, что, если собака с пищеводной фистулой испытывает жажду, количество поглощаемой воды находится в тесной корреляции с дефицитом, соответствующим потере веса, и что подглоточное введение воды застормаживало поглощение только в течение 10—15 мин.

Холмс и Грегерсен (1950), вводя собаке внутривенно гипертонические растворы, констатировали последующее увеличение потребления воды, которое не было непосредственно связано с изменениями процентного содержания соли в крови. Кроме

того, такая жажда может устраняться в результате таких предварительных воздействий, как введение питрессина или регуляция воды через желудочную фистулу. Интересно, что сахар как агент, вызывающий поглощение воды, имеет такое же значение, как и NaCl, даже если процентное содержание NaCl в крови ниже нормального.

Андерсон (1953) вводил в 4-ый желудочек козы солевые растворы различных концентраций и наблюдал, как изменяется поглощение воды. Миллер повторил такие эксперименты на кошке. При введении гипотонического раствора количество воды, поглощенное в течение следующих 15 мин., равнялось приблизительно 32 см^3 ; при изотонических растворах оно уменьшалось до 12 см^3 , но после введения гипертонического раствора с 2%-ной концентрацией NaCl оно заметно поднималось, достигая приблизительно 50 см^3 .

Введение гипертонического раствора немедленно вызывало жажду. При инъекции питрессина (гормон гипофиза) действие этого механизма задерживалось на 10—20 мин., так как включался механизм питуитарно-гипоталамической регуляции.

В заключение можно сказать, что жажда принимает участие в регуляции водного обмена; она возникает при обезвоживании слизистой рта и глотки и на время прекращается, но не утоляется полностью при смачивании последней. Жажда коррелирует с осмотическим давлением крови, причем оно может оказывать влияние на слюноотделение. Но как может проявиться жажда при отсутствии этой остановки? Некоторую информацию в этом отношении дают случаи патологической жажды.

§ 3. Жажда при нарушениях регуляции

Диабет, как правило, вызывает потребность в воде, как и потребность в пище, но только так называемый несахарный диабет порождает сильную жажду, так как возникает полиурия, чтобы медленно устранить излишки воды, поглощаемой в силу полидипсии; или это постоянная жажда при полидипсии, возникающей в результате полиурии — недержания воды в организме.

Вопрос о том, предшествует ли при несахарном диабете полидипсия полиурии или наоборот, обсуждается с давних пор.

В самом деле, при этом синдроме наблюдались очень убедительные случаи, когда полидипсия появлялась или исчезала внезапно, а полиурия возникала и отступала лишь с опозданием, и другие случаи, когда полиурия была, несомненно, первичной.

Одно из этих наблюдений имеет почти экспериментальный характер. Оно упоминалось в сообщении Курильского, Лода, Дэвиса, Сикара и Гали в Медицинском обществе госпиталей. Речь шла об одной молодой девушке, у которой вследствие

черепной травмы внезапно возникла жгучая жажда, заставлявшая ее выпивать по 8—10 литров воды в день, и оптохиазматический арахноидит. Под местной анестезией ей была сделана хирургическая операция, состоявшая в удалении арахноидальной кисты в основании черепа. Как только было произведено удаление, она отметила вслух, что больше не испытывает жажды, и в самом деле, с этого момента ей было достаточно 800—1500 см³ воды в день. Соответственно исчезла и полиурия.

О другом нейрохирургическом случае сообщили Алажуанин и Турель в 1946 г. Речь шла об операции гипофизарной аденомы с электрокоагуляцией сосудов в области 3-го желудочка. Сразу же после операции возникла неутолимая жажда, и только через день появилась полиурия. С другой стороны, в некоторых случаях несахарного диабета к положительным результатам приводит введение питрессина, гормона задней доли гипофиза, который уменьшает выделение мочи, способствуя вступлению воды в различные соединения и благоприятствуя тем самым удержанию воды в организме, и влечет за собой последующее уменьшение жажды.

Курильский (1946), проверяя действие питрессина, различал два типа несахарного диабета, потому что в случае, когда первенство принадлежит жажде, а не полиурии, питрессин не оказывает никакого действия.

В опытах на животных было замечено, что полиурия возникает вследствие удаления задней доли гипофиза. При этом устраняется возможное влияние со стороны уменьшения выделения мочи, и за полиурией следует полидипсия. Но с другой стороны, как установили Бейли и Бремер (1921), у собаки можно вызвать несахарный диабет, повреждая определенные области гипоталамуса, и при этом жажда действительно будет причиной полиурии. Затем Фишер, Ингрэм и Рэнсон (1935) показали, что несахарный диабет можно систематически вызывать, разрушая супраоптические ядра.

Таким образом, мы вплотную приблизились к рассмотрению механизма регуляции в свете данных нейрофизиологии.

§ 4. Нейрофизиологические механизмы регуляции

Механизмы регуляции предполагают комбинированное участие гормонов и центров промежуточного мозга при наличии обратной связи, которая еще больше усложняет дело.

В регуляции водного обмена в первую очередь принимает участие гипоталамо-гипофизарный комплекс: он был объектом многочисленных исследований Руси и Мозинжера (1945), выявивших нервно-секреторные процессы (нейрикриния, когда секреция нервного происхождения распространяется с помощью

сосудов, нейрокриния, когда секреция остается эндонервной). Именно нейрогипофизарная зона (нервные доли, ножка гипофиза) выделяет антидиуретический гормон. Однако Баргмани (1960) считает, что нейроны, связанные с секрецией, фактически располагаются в суправентрикулярных и в супраоптических ядрах гипоталамуса, связываясь с задней долей гипофиза, где гормон попадает в сосуды. Во всяком случае, по мнению Русси и Мезинжера, нейрорегуляторное действие гипофиза берет начало из гипоталамуса.

Итак, существует тесное взаимодействие при наличии обратной связи между гипоталамусом, гипофизом (вернее, нейрогипофизом) и мочевой регуляцией, так как жажда зависит от этого нейроэндокринного комплекса, который объединяется гипоталамо-гипофизарным пучком.

Именно с гипоталамусом непосредственно связано возникновение жажды независимо от всякого ощущения. Последнее тем не менее играет определенную роль, например, в случае недомоганий и страданий, порождаемых нарушением осмотического равновесия в крови. Именно в средней области латерального гипоталамуса клетки, чувствительные к осмотическому давлению, получают сведения о нарушении равновесия и порождают жажду: введение в эту область гипоталамуса козы нескольких капель 1,5%-ного раствора NaCl вызывало временную полидипсию и заставляло животное выпивать несколько литров воды (Андерсон, 1953). Гроссман (1960) вызывал потребность (но ограниченную) пить у крысы посредством гипоталамического введения ацетилхолина.

С другой стороны, после разрушения чувствительной области гипоталамуса животное продолжает есть, но не пьет (Андерсон и Мак-Кэнн, 1955). Монтемурро и Стивенсон (1955—1956) также наблюдали возникновение полидипсии вследствие латерального разрушения вентромедиальных ядер.

Грин (1955), вводя два биполярных электрода в латеральный гипоталамус, немедленно вызывал у крысы сильную жажду, которая, по его мнению, зависела от drinking center. Верни (1947) обнаружил, что клетки супраоптических и вентрикулярных ядер содержат пузырьки, объем которых изменяется при изменении осмотического давления и которые, следовательно, представляют собой чувствительные рецепторы, вызывающие жажду.

Таким образом, регуляция водного обмена в организме разделена между двумя системами. Одна обеспечивает сохранение воды в организме, а другая предупреждает потери воды, которые вызывают увеличение осмотического давления крови (в результате превышения необходимого количества соли), и запускает соответствующее поведение.

Но существует также регуляция обмена хлористого натрия с помощью нервно-эндокринного механизма, причем гормон

коры надпочечников обеспечивает сохранение соли в организме. Его отсутствие (после удаления надпочечников) приводит к острой полидипсии и быстро вызывает смерть. Но если животному представится возможность пить слегка подсоленную воду, в которой у него возникает особая потребность¹, наступление смерти может быть несколько отсрочено. С другой стороны, введение чрезмерного количества гормона коры надпочечников удерживает излишек соли, и возникает несахарный диабет с полидипсией и полиурией. Таким образом, легко понять сложность регуляции, если учесть, что в этом процессе могут участвовать и другие элементы. Удаление щитовидной железы, например в случае несахарного диабета, может вызвать с помощью неизвестного механизма прекращение полидипсии и полиурии; кроме того, мы должны принять во внимание вмешательство высших центров. Синтез этих проблем недавно представил А. Сулерак (1954).

§ 5. Жажда и поведение

В условиях нормальной жизни потребность в воде удовлетворяется без возникновения жажды, потому что она чаще всего в значительной мере предвосхищается. А если в некоторых случаях и возникает жажда, то она почти всегда очень быстро и легко удовлетворяется. Иначе обстоит дело у животных, для которых поиски воды составляют один из важнейших мотивов их активности. Особенно в пору засухи, когда дикие животные мирно встречаются на водопое (этим часто пользуются охотники, устраивая засады на местах водопоя).

У животного жажда вызывает усиление бодрствования и моторной активности, усиление поисков; животное может преодолеть препятствие, превозмочь боль, лишь бы удовлетворить потребность в воде.

Именно величиной препятствия, которое преодолело животное, чтобы утолить жажду, измеряют силу побуждения, в частности у крыс. С помощью аппаратов Скиннера, где животное для удовлетворения потребности должно нажимать на рычаг, были получены кривые утоления для голода. М.-Ф. и К.-У. Смит (1939) получили кривые для жажды и обнаружили, что кривые утоления были разными, но усилие оставалось постоянным и внезапно прекращалось.

У людей сильная жажда проявляется главным образом в двух драматических ситуациях: когда после кораблекрушения спасшиеся на лодках или плотах люди оказываются без запасов питьевой воды или когда в пустыне — при автомобильной ава-

¹ Этот вопрос будет рассмотрен в главе, посвященной избирательным потребностям.

рии, авиационной катастрофе или просто заблудившись — люди не могут найти источник. В море страдание увеличивается от того, что, будучи окружен водой, человек не может утолить жажду. При питье чрезмерно соленой морской воды лишь усиливается осмотическое давление¹, что приводит к смерти, предварительно вызывая серьезные нервные нарушения, парезы и параличи, психическое расстройство с сильными страданиями. Тем не менее влажная атмосфера действует благоприятно, уменьшая потерю воды через кожу и легкие. Один врач по своему опыту советовал использовать для питья морскую воду. По-видимому, он достиг лишь той фазы, когда жажда соответствует прекращению слюноотделения и когда можно увлажнить рот водой, но не пить ее, а выплюнуть. Серьезнее положение в пустыне², когда человек находится в очень сухой атмосфере, под палящим солнцем, и для защиты от перегревания требуется очень сильное испарение и потоотделение. Если помощь для спасения погибающих от жажды прибывает вовремя, следует помнить, что потери воды через кожу и легкие являются в то же время потерями важных солей, которые необходимо компенсировать слегка подсоленной водой, чтобы восстановить нормальное равновесие, и что быстрое поглощение большого количества воды тоже опасно.

Ж. Лермитт (1946) считает, что после 48 часов жажда может стать непереносимой, и приводит случай, когда человек был лишен воды в течение 86 часов.

Если в нормальных условиях регуляция питья ограничивается почти исключительно компенсацией недостатка воды, то иначе обстоит дело у людей, которые пьют до наступления жажды или — даже чаще всего — помимо физиологической потребности. Тогда речь идет уже не о регуляции, а об удовлетворении приобретенных привычек или желаний, связанных с корковыми функциями, психосоциальными условиями рефлексам. Уютные кафе и бistro, хорошая компания, увлечение, которое может там возникнуть, становятся существенными факторами потребления напитков, да и последние в отличие от воды имеют особую привлекательность.

Совершенно искусственная жажда может возникать при невротической навязчивости, называемой потomanией — при этом субъект достаточно безразличен к характеру потребляемой жидкости — или дипсоманией, когда поглощается в основном алкоголь.

С другой стороны, случаи адипсии (отсутствие потребности пить) могут рассматриваться как патологические. Они обычно

¹ В морской воде содержится 3,5% соли, а концентрация соли в моче не может быть выше 2,2%.

² Верблюд приспособлен к лишению воды, тогда как млекопитающие погибают при потере 20% своего веса, он переносит потерю даже 40%.

сопровождается серьезной анорексией (отсутствие аппетита) и наблюдаются при депрессиях, сильных болях. Адипсия иногда бывает у домашних животных после смерти хозяина и у многих диких животных, у которых пленение может нарушить всякую регуляцию с помощью поведения при удовлетворении пищевых и половых потребностей.

Довольно специфическая патологическая адипсия наблюдается в случаях, которые очень точно называют гидрофобиями. По сути дела, жажда ничуть не устраняется, но контрактура глотки делает почти невозможным глотание, и одна мысль об этом вызывает у человека такие сильные боли, что достаточно несчастному увидеть воду, как его охватывает настоящий ужас.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Adolph E. F., Measurements of water drinking in dogs, «Amer. J. Physiol.», 1939, 125, 75—86.
- Alajoanine Th., Thurel R., Données cliniques, expérimentales et thérapeutiques sur la soif et la polyurie du diabète insipide, «Rev. Neurol.», 1946, 78, 471—475.
- Andersson B., The effect of injections of hypertonic NaCl solutions into different parts of the hypothalamus of goats, «Acta physiol. scand.», 1953, 28, 188—201.
- Andersson B., McCann S. M., A further study of polydipsia evoked by hypothalamic stimulation in the goat, «Acta physiol. scand.», 1955, 33, 333—346.
- Bailey P., Bremer F., Experimental diabetes insipidus, «Arch. int. Med.», 1921, 28, 773—803.
- Bailey P., Bremer F., Experimental diabetes insipidus and genital atrophy, «Endocrinology», 1921, 5, 761—762.
- Bargmann W., Das Zwischenhirn-Hypophysensystem, Berlin, Springer-Verlag, 1954.
- Le système neurosécréteur du diencephale, «Endeavour», 1960, 19, 125—133.
- Bellows R. T., Time factors in water drinking in dogs, «Amer. J. Physiol.», 1939, 125, 87—97.
- Bellows R. T., Wagener W. D. Van, The effect of resection of the olfactory, gustatory and trigeminal nerves on water drinking in dogs without and with «diabetes insipidus», «Amer. J. Physiol.», 1939, 126, 13—19.
- Cannon J., The physiological basis of thirst, «Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. B.», 1918, 90, 283—301.
- Fisher C., Ingram W. R., Ranson S. W., Relation of hypothalamico-hypophyseal system to diabetes insipidus, «Arch. Neurol. Psychiat.», 1935, 34, 124—163.
- Green M. A., Suggestive evidence of a primary «drinking center» in hypothalamus of rat, «Proc. Soc. exp. Biol.», 1955, 89, 59—62.
- Grossman S. P., Eating or drinking in satiated rats due to adrenergic or cholinergic stimulation, respectively of the lateral hypothalamus, «Amer. Psychol.», 1960, 15, 483.
- Holmes J. H., Gregersen M. I., Observations on drinking induced by hypertonic solutions, «Amer. J. Physiol.», 1950, 162, 326—337.
- Role of sodium and chloride thirst, «Amer. J. Physiol.», 1950, 162, 338—347.
- Kourilsky R., Le diabète insipide et le problème de la soif, «Rev. Neurol.», 1946, 78, 487—495.

- Kourilsky R., Laudat M., David M., Sicard J., Galey J. J., Étude physiopathologique d'un diabète insipide avant et après sa guérison post-opératoire, «Presse méd.», 1942, № 32, 431—432.
- Lhermitte J., Psychologie normale et pathologique de la soif, «Rev. Neurol.», 1946, 78, 463—471.
- Mayer A., Essai sur la soif, Paris, Fac. Sciences, 1900.
- Midler N. E., Sampliner R. I., Woodrow P., Thirst-reducing effects of water by stomach fistule vs. water by mouth measured by both a consummatory and an instrumental response, «J. comp. physiol. Psychol.», 1957, 50, 1—5.
- Miller N. E., Experiments on motivation, «Science», 1957, 126, 1271—1278.
- Montemurro D. G., Stevenson J. A. K., Localization of hypothalamic structures in the rat influencing water consumption, «Yale J. Biol. Med.», 1955—1956, 28, 396—403.
- Müller L. R., Ueber den Durst und die Durstempfindung, «Deutsch Wochenschr.», 1920, 46, 113.
- O'Kelly L. I., Beck R. C., Water regulation in the rat. III: The artificial control of thirst with stomach loads of water and sodium chloride, «Psychol. Monogr.», 1960, 74, № 500, 26 p.
- Pack G. T., New experiments on the nature of the sensation of thirst. «Amer. J. Physiol.», 1923, 65, 346—349.
- Richter C. P., Increased salt appetite in adrenalectomized rats, «Amer. J. Physiol.», 1936, 115, 155—161.
- Richter C. P., Mosier H. D. Jr., Maximum sodium chloride intake and thirst in domesticated and wild norway rats, «Amer. J. Physiol.», 1954, 176, 213—222.
- Roussy G., Mosinger M., Le complexe hypothalamo-hypophysaire. Neurocrinie, neuricrinie et orocrinie, «Rev. Neurol.», 1945, 77, 281—285.
- Soulairac A., La régulation neuro-endocrinienne de la soif, «Arch., sci. Physiol.», 1954, 8, 283—298.
- Smith M. F., Smith K. U., Thirst-motivated activity and its extinction in the cat, «J. gen. Psychol.», 1939, 21, 89—98.
- Steggerda F. E., Observations on the water intake of an adult man with dysfunctioning salivary glands, «Amer. J. Physiol.», 1941, 132, 517—521.
- Stellar E., Hyman R., Sherwood S., Gastric factors controlling water- and saltsolution-drinking, «J. comp. physiol. Psychol.», 1954, 47, 220—226.
- Tournay A., Introduction neurophysiopathologique au problème clinique de la soif, «Rev. Neurol.», 1946, 78, 453—463.
- Towbin E. J., Gastric distension as a factor in the satiation of thirst in oesophagostomized dogs, «Amer. J. Physiol.», 1949, 159, 533—541.
- Thirst and hunger behavior in normal dogs and the effects of vagotomy and sympathectomy, «Amer. J. Physiol.», 1955, 182, 377—382.
- Valenti A., Sur la genèse des sensations de faim et de soif, «Arch. ital. Biol.», 1910, 53, 94—104.
- Wolf A. V., Osmometric analysis of thirst in man and dog, «Amer. J. Physiol.», 1950, 161, 75—86.

III. ГОЛОД

§ 1. Природа и значение голода

Выйдя рано утром на прогулку в горы, вы уже к полудню ощутите голод; вы захватили с собой сахар и, откусывая его, чувствуете, как ваш рот наполняется слюной; проглотив несколько кусочков, вы утолите голод; вы в некотором смысле заправили бензином свой двигатель.

Вы приходите с работы, чтобы пообедать; подходя к дому, вы замечаете, что желудок напоминает вам о голоде; у вас текут слюнки от запаха бифштекса и жареного картофеля, и вы спешите поскорее сесть за стол. Немного поев, вы почувствуете себя хорошо. Но если, придя домой, вы узнаете о случившемся несчастье, ваше горло сжимается и вы не можете ничего проглотить; голод исчез.

Восприятие нехватки, которая требует пищи, предвосхищает эту нехватку в привычке человека в обыденной жизни поглощать пищу несколько раз в день (по крайней мере для привилегированных представителей достаточно богатых наций).

Но огромное число людей в слаборазвитых странах страдает от неутоленного голода и от недостатка продуктов.

Каким же должно быть питание, чтобы оно могло удовлетворить человеческую потребность в пище?

Очень приблизительно — при средней активности, в умеренном климате — человеку весом 70 кг полагается примерно 2500 калорий в день при достаточно разнообразном питании, содержащем белки, жиры, углеводы.

Кроме пополнения энергии с помощью этих продуктов, существует гомеостатическая необходимость компенсировать потери жиров и азота, не говоря уже об очень большом числе элементов, потребляемых в ничтожных количествах, но тем не менее совершенно необходимых для правильного обмена. Интерес к ним возникает только в особых случаях; исключение, возможно, составляет только хлористый натрий, который играет важную роль в регуляции количества выпиваемой воды. И все-таки организму необходимы сульфаты, фосфаты, йод, фосфор, известь, разные металлы, содержащиеся в обычных продуктах, и особенно — сравнительно недавнее открытие — большое количество витаминов — некоторые из них следует принимать сверх нормального питания.

Многие из этих элементов содержатся в мясе, тем более что в пищу идет мясо близких видов животных.

Углеводы быстро всасываются¹ — частично в желудке, а особенно в тонкой кишке. Они преобразуются из глюкозы в гликоген, а затем откладываются в печени и в мышцах (где, превращаясь в молочную кислоту, дают энергию, необходимую для сокращения мышц); с помощью органической регуляции количество глюкозы в крови поддерживается постоянным и равняется 1%; нормальная гликемия является одной из констант организма. При введении в кровь (посредством внутривенного

¹ Путем непрерывной регистрации венозной гликемии Кастэнь и сотрудники показали, что у нормального субъекта, получившего через рот 50 г глюкозы, подъем гликемии начинается через 3—4 мин., через 30 мин. она достигает максимума — 2,18 г при исходном количестве 0,75 г и через 100 мин. снова снижается до 0,80 г.

вливания) некоторого количества глюкозы сверх нормы может произойти временное отложение ее в подкожных тканях (Фоллен). Жиры, которые могут откладываться про запас, когда они потребляются сверх нормы, первыми исчезают при голодании и при одинаковом весе дают больше всего калорий для борьбы с охлаждением. Однако глюкоза может вызвать также липидогенез. Белки в виде аминокислот играют важную роль в функционировании нервной системы. Хотя углеводы, которые в первую очередь необходимы организму, могут непосредственно удовлетворить его энергетические потребности, их одних недостаточно. В самом деле, на них часто ссылаются, чтобы оценить количество потребляемой пищи. Но здесь встает проблема избирательной углеводной потребности, так же как и проблема специфической потребности в белках, жирах и таких важных элементах, как соль, кальций и т. д.

Вопрос о частичном голоде будет рассмотрен, как таковой, отдельно от вопроса об общем голоде. Сейчас лишь отметим, что если не утоляется общий голод, то вскоре наступает состояние истощения после периода, в течение которого у животных можно измерять силу голода, например у крыс, добавляя в молоко все большее количество хинина (Мюллер, 1957).

При удовлетворении потребности в воде голод может переноситься довольно долго. Люди, голодавшие по собственному желанию — например при голодовках, которые предпринимаются в случае необходимости оказать моральное давление, — могли продержаться 20 и даже 30 дней. Собака, лишенная пищи, умирает через 30—35 дней. В таком случае организм расходует свои запасы, причем альбуминоиды используются в последнюю очередь, когда жиры израсходованы, и вес непрерывно уменьшается; при потере $\frac{1}{3}$ веса температура тела перестает быть устойчивой, а при потере 40% веса (при этом масса мышц уменьшается наполовину) наступает смерть. Общее ослабление нарушает функционирование организма, поэтому голод исчезает довольно быстро и не вызывает настоящих страданий. Организм как бы полностью отказывается от себя и от самой жизни.

Эксперимент почти полного истощения был реализован в немецких концентрационных лагерях, где заключенные проводили годы. Вопросники, на которые ответило большинство выживших, дали Полетт Берже и Ж. Ле Маньяну (1957) много важных психологических фактов. В течение всего длительного периода ослабленного питания у заключенных сохранялось ощущение — выражающееся так же, как и голод, но совершенно другое — слабости и головокружения с неотвязным желанием есть, с продолжительным пережевыванием пищи, что создавало эффект утоления. Это ощущение сохранялось еще долгое время после возобновления нормального питания; причем предпочтение

оказывалось мясу и жирам в ущерб углеводам. Прежняя нелюбовь к молоку и маслу сменялись ярко выраженной и длительной потребностью в них.

Что касается недостаточного питания, которое так распространено в мире, то следует заметить, что целые народы — в теплых краях — привыкли к этой недостаточности. Она кажется им нормальной, когда нет полного голода, вызывающего множество жертв, как это бывает особенно в Индии. Соответственно при недостаточности питания неизбежно понижается работоспособность, и то, что обычно приписывают лени негров, является, в сущности, результатом плохого питания.

У животных, подвергнутых голоданию, вначале всегда наблюдается фаза возбуждения, усиление активности. Это усиление было измерено Фингером (1950) у крыс с помощью вращающегося барабана: после 72 часов голодания активность почти удвоилась. Но известны случаи длительного голодания с гипотермией: например зимняя спячка у сурков, когда экономное расходование запасов позволяет прожить очень долго, не испытывая голода.

§ 2. Возникновение и утоление голода

Несомненным фактом является совпадение ощущения голода, локализованного в надчревной области, с сокращениями желудка. Карлсон посвятил этому вопросу множество работ 1912—1914 годов, наблюдая, в частности, молодого человека с фистулой в желудке (вследствие непроходимости пищевода). Торможение сокращений сопровождалось исчезновением этого ощущения голода. Еще в 1911 году Кеннон — благодаря соглашению Уошборна носить желудочный зонд с баллоном, позволяющий регистрировать движения желудка, — сообщил о совпадении ощущения голода с сокращениями желудка. Сокращения желудка сопровождаются обычно сокращениями пищевода. В тех любопытных случаях, когда у больного часть пищевода была замещена куском тонкой кишки, последний также сокращался, давая в определенные минуты настоящую перистальтику, сопровождающуюся ощущением сильного голода. Сопровождает ли чувство голода желудочные сокращения у животных, определить трудно, но у обезьян сокращения существуют и прекращаются при введении пищи (Илленден, Петтерсон, Рубрайт и Скотт, 1934); даже у черепах наблюдается определенный ритм желудочных сокращений (Петтерсон, 1916). У человека, всегда принимающего пищу в одни и те же часы, такая ритмическая периодичность является очень отчетливой (Болдырев, 1904).

Можно так же поставить вопрос, не играет ли ритм голода, сопровождающий ритм желудочной моторики, важную роль

в преобразовании желудочных ощущений в пищевое побуждение.

Во всяком случае, пищевые побуждения могут возникать и в отсутствие сокращений желудка либо после нарушения посредством ваготомии иннервации желудка, как показал в 1900 году Шеррингтон, а в 1910 — Дучески на собаках. Даже полное удаление желудка не изменяет, в сущности, пищевого поведения собаки.

Однако, по наблюдению Карвало и Пашона (1895), кошка перестала есть самостоятельно после полного удаления желудка, и ее должны были кормить, а когда кормление было прекращено, она умерла от истощения.

Но, по-видимому, это был исключительный случай. Вангенштеен и Карлсон (1931), а также Ингельфингер (1944) наблюдали сохранение голода у человека, перенесшего гастрэктомию. С другой стороны, децеребрированная собака продолжает питаться самостоятельно, несмотря на то что больше нет, как это отметил Гроссман (1955), ощущений, способных влиять на ее поведение.

Голод, вызванный с помощью инсулина, сохраняется у человека и после ваготомии и спланхнотомии (Гроссман, Штейн, 1948). По мнению этих авторов, ваготомия, уничтожая сокращения желудка, устраняет из комплекса, воспринимаемого в нормальных условиях при желании есть, элемент беспокойства, который сопровождается чувством пустоты и слабости. Денервация желудка у крысы ничуть не уменьшает ее объективного голода после введения инсулина и, согласно К.-Т. Моргану и Дж.-Д. Моргану (1940), усиливает его.

Следовательно, хотя желудочные сокращения не являются совершенно необходимыми для объективных проявлений голода в пищевом поведении, они, по-видимому, могут играть некоторую роль в психологическом пробуждении голода.

Что касается утоления голода, то в нормальных условиях оно происходит у животных спонтанно после поглощения довольно постоянного количества пищи, при одинаковом рационе. Но после введения некоторого количества пищи через фистулу Слезак и Гроссман (1949) констатировали, что в тот же день собака съедала столько же, сколько обычно, если только такое введение не было значительным (по крайней мере 50% ежедневного рациона, съедаемого самостоятельно).

При сравнении эффекта приема пищи нормальным путем и через желудочную фистулу было замечено, что последнее должно быть более значительным, чтобы вызвать равный эффект насыщения. Кон (1951) установил, что у крыс, которые получали молоко, нажимая на рычаг, после введения 14 см³ молока через фистулу последующие маневры с целью получить молоко

уменьшались на величину, очень незначительную по сравнению с случаем, когда им позволяли выпить то же количество.

У человека количество пищи, поглощаемой за один раз, гораздо более изменчиво и зависит как от природы блюд, более или менее вкусных и разнообразных, так и от психологических факторов, в число которых входят время, каким располагает человек, обстановка (более или менее приятная и комфортабельная), и, наконец, от социальных факторов, таких, как число сотрапезников, величина бюджета, соображения личного престижа в компаниях гурманов или, напротив, в коллективе, почитающем умеренность.

То, что мы знаем о римских пиршествах и пиршествах при дворе Людовика XIV, заставляет думать, что там обжорство продолжалось весь день. С тех пор известно, что можно оживить аппетит гостей с помощью перерывов, когда можно выпить стакан вина или посетить римский vomitorium.

Поэтому изучение реальных факторов насыщения, от которых зависит прекращение приема пищи, может производиться почти только на животных, к тому же при условии устранения психосоциального фактора конкурентной природы, потому что хорошо известно, как этот фактор увеличивает количество поглощаемой пищи. Курица, которая прекратила клевать, снова принимается за еду, как только увидит, что другие куры начинают клевать возле нее. Но в пищевом поведении как человека, так и животных очень важную роль играют условные рефлексy, которые оказывают как возбуждающее, так и тормозящее влияние. Поэтому после рассмотрения механизмов нейроэндокринной регуляции мы должны будем остановиться также и на их действии одновременно с другими корковыми факторами.

§ 3. Регулирующие механизмы и расстройства пищевой потребности

С регуляцией голода издавна (1933) связан замечательный факт, который состоит в том, что при двухстороннем разрушении определенной области гипоталамуса — в настоящее время она известна довольно точно (вентро-медиальные ядра) — возникает длительная и довольно сильная гиперфагия. Собаки и крысы становятся ненасытными, и излишек питания вызывает сильное ожирение, после чего булимия уменьшается (Сулерак, 1947; Тейтельбаум, 1955), но соседняя, латеральная, зона в гипоталамусе дает антагонистический эффект (Ананд и Бробек, 1951), так как ее разрушение вызывает анорексию, полную афагию, которая часто приводит к смерти (но бывают случаи выздоровления) и иногда сопровождается временной адипсией. И соот-

ветственно, электрическое раздражение вентро-медиальных ядер тормозит прием пищи (Хетерингтон и Рэнсон, 1940), а латеральных ядер — вызывает булимическую гиперфагию (Дельгадо и Ананд, 1953), а также непрерывную жвачку у козы (Ларсон, 1954).

Таким образом, выдвигается гипотеза о существовании двух противоположных регулирующих центров: центра питания (feeding center) и центра насыщения (satiety center).

Но понятие «центр питания» раздваивается в результате наблюдений Моргана (1961), который обнаружил, что пищевые ответы, полученные при электрическом раздражении латеральных ядер гипоталамуса (место feeding center), даже когда животное было сытым, различались в зависимости от места раздражения: в одном случае крысы проходили через решетку, по которой пропускался электрический ток, чтобы нажать на рычаг и получить пищу, но прекращали делать это после разрушения передних и задних пучков; при раздражении же пунктов, расположенных немного ближе к медиальной области, крысы никогда не решались броситься на решетку с током, даже если за решеткой их ждала пища. Им недовольствовало побуждения голода (hunger drive). Но его нельзя связать с feeding center как просто противоположным satiety center.

Различие этих двух центров голода и питания является довольно тонким. Миллер (1950, 1957) не проводил такого различия, когда отметил, что если при гиперфагии, вызванной разрушением центра насыщения, измерять голод по количеству поглощенной пищи, то результаты будут противоречить данным, полученным другими методами: животное отказывается от горькой пищи (в пищу добавлено очень незначительное количество хинина). Сила и упорство животных, проявляющиеся при нажатии рычага для достижения пищи, не увеличиваются, а оказываются меньше обычных даже при голодании. Это происходит потому, что уменьшилась сила побуждения.

Следует ли связывать с центром голода или с центром питания то, что называют rewarding system, то есть область, в которую помещен электрод, позволяющий крысам посылать себе приятные электрические разряды? Действительно, Маргулис и Олдс, с одной стороны, и Хёбель и Тейтельбаум — с другой, одновременно (1962) — после многочисленных экспериментов на большом числе крыс — сообщили, что пункты латерального гипоталамуса, где проявляется самораздражение, являются также пунктами, раздражение которых побуждает животное есть. Предварительный избыточный прием пищи или раздражение вентро-медиальной части центра насыщения затормаживают самораздражение, и напротив, при голодании можно наблюдать возрастание ритма такого самораздражения. Является ли это простым совпадением в силу многочисленности центров самораз-

дражения или это ассоциация между пробуждением голода и приятным впечатлением?

Опыты по самораздражению, проведенные на человеке (Р.-Дж. Хит, 1963), показали, что пункты, в которых субъективное впечатление воспринималось как приятное, встречались в прозрачной перегородке, миндалевидном ядре, хвостом ядра, в крыше, в центрo-медиальной области, с нюансами, связанными с половыми воспоминаниями (в перегородке), с ощущением опьянения (*drunk feeling*) — в покрывке среднего мозга, с вкусовым ощущением свежести (*cool feeling*) — в хвостом ядре. Но гипоталамус не изучен. С другой стороны, в гиппокампе — явная реакция отвращения. Таким образом, вызванное удовольствие может проявляться в разнообразных формах, пробуждение *feeling* — одна из них.

Гипоталамус является центром возникновения и утоления голода. Но если он таким образом направляет приспособительное поведение, то как создают органические условия?

В этом отношении важную роль играют эндокринные влияния. Баш (1939) предложил гипотезу специфического механизма, нечто вроде «гормона голода». Однако никакого экспериментального подтверждения эта теория не получила: Зигель и Тауб (1952) вводили кровь голодных крыс сытым животным, но им не удалось наблюдать усиления аппетита у последних.

По данным Рихтера и Вислоцкого (1954), экстракт гипофиза вызывает полифагию, а гипофизэктомия приводит к гипофагии (количество пищи, принимаемое крысой, сокращается на 25—30%).

Так же действует и гормон щитовидной железы: гипотиреоз вызывает анорексию, а гипертиреоз — булимию и одновременное похудание. Анорексия наблюдается при Аддисоновой болезни, что свидетельствует о возможном участии гормонов коры надпочечников. Но особенно важную роль играет инсулин, выделяемый клетками *A* островков Лангерганса поджелудочной железы. Это доказывается тем, что при диабете возникает гиперфагия. Между тем инсулин играет важную роль и в регуляции гликемии: когда питание приводит к увеличению содержания сахара в крови, выделение инсулина усиливается, и это уменьшает процент сахара в крови; если содержание сахара уменьшается, выделение инсулина сокращается и позволяет увеличить содержание сахара до 1% (нормальная величина). Последнее происходит при участии клеток *B* островков Лангерганса, выделяющих гликагон, который вызывает увеличение сахара в крови. Если панкреатического выделения инсулина недостаточно, может возникнуть сильная гипергликемия, но тогда происходит соответственная потеря глюкозы — гликозурия. При недостаточности инсулиновой регуляции пищевые потребности возрастают вместе с этими аномальными утечками. Но если нормальному

животному вводить большое количество инсулина, то нарушение регуляции вызовет чрезмерную и непрерывающуюся гипогликемию, которая пробуждает голод и тем самым порождает гиперфагические стремления. В общем, чрезмерный голод возникает в том случае, когда нарушается регуляция содержания сахара в крови, и углеводы, не задерживаясь, уходят из тканей или когда содержание сахара в крови остается очень низким и не в состоянии удовлетворить потребности тканей.

Таким образом, голод, по-видимому, связан с изменениями гликемии в условиях нормальной регуляции, которая обеспечивается поджелудочной железой (с противоположным действием двух гормонов островков Лангерганса, инсулина и гликагона).

Получает ли поджелудочная железа сообщения об изменениях гликемии или она управляется гипоталамусом, нейрогормоны которого действуют на эндокринные аппараты, такие, как гипофиз, щитовидная железа, кора надпочечников, половые железы? Гипоталамическую регуляцию, таким образом, можно, по крайней мере частично, отождествить с регуляцией углеводов. Это вполне соответствует гипотезе, горячо поддерживаемой Дж. Майером (1952), об участии механизма центра насыщения в тормозящем влиянии на прием пищи, которым управляет *feeding center*. Согласно этой гипотезе, в вентро-медиальных ядрах гипоталамуса есть чувствительные клетки, глюкорецепторы, подобные клеткам, чувствительным к температуре крови и участвующим в регуляции температуры. Эти рецепторы чувствительны к разнице артериальной и венозной гликемии (Δ глюкозы), причем большая разница (10 мг%) представляет достаточно большую пропорцию используемой глюкозы, чтобы свидетельствовать о насыщении и затормозить центр питания. Штункард и Вольф (1954) подтвердили, что падение Δ глюкозы сопровождается сокращениями желудка.

Введение гормона поджелудочной железы, гликагона, вызывающего гипергликемию с возрастанием Δ глюкозы, приводило к немедленному прекращению желудочных сокращений у человека и у крысы (Штункард, Ван Итали и Дж. Майер, 1953).

Ауротиоглюкоза вызывает у мышей гиперфагию с ожирением, тогда как другие вещества той же токсичности (ауротиоглицерол, например) совсем не вызывают такого эффекта, который связан с избирательным разрушением глюкорецепторов, где соединения глюкозы способствуют проникновению золота с его собственной разрушительной способностью, устраняя тем самым подавление насыщения (Энлайкер, Дж. Майер, 1957).

Интересные исследования влияния различных внутривенных инъекций на уровне двух антагонистических центров гипоталамуса провели Ананд и Сингх (1961, 1962). Их опыты, проведенные на кошках и макаках (с микроэлектродной регистрацией), полностью подтверждают концепции Майера: глюкорецепторный

механизм находится в области центра насыщения. Введение белков и жиров не дает никакого эффекта, получаемого при введении глюкозы: гипергликемия усиливает активность satiety center и подавляет активность feeding center. Те же результаты были получены при введении глюкозы непосредственно в исследуемые области.

Еще нельзя сказать, что детально известны механизмы функционирования пищевой регуляции.

Но уже твердо установлено, что гипоталамус играет важную роль и включает или тормозит побуждение энергетического голода (причем мы пока не касаемся вопроса об избирательном голоде, связанном, в частности, с углеводами).

§ 4. Роль условных рефлексов и психологических факторов

В пищевой регуляции условнорефлекторные процессы часто играют очень важную роль. И. П. Павлов создал новую главу в психофизиологии, изучая секрецию пищеварительного аппарата. Отправным пунктом явилось исследование желудочной секреции, проведенное на «маленьком желудке» собаки. Павлов отделял часть желудочной стенки вместе с ее сосудистыми и нервными связями и делал из нее карман в виде мешочка, открывающийся в сторону передней стенки живота. Это позволяло собирать желудочный сок, когда желудок, предварительно зашитый, получал пищу или когда он не получал ее. Практически достаточно было просто показать пищу, чтобы вызвать выделение желудочного сока, и чем приятнее были показанные животному продукты, тем обильнее выделялся сок (например, одному приятно жареное мясо, другому — сырое).

Разделяя пищевод на участки и делая выводы наружу, можно добиться того, что съедаемая пища не будет попадать в желудок. Через 5—6 мин. после такой фиктивной еды начинается секреция. Но она отличается от секреции психической, которая является очень кислой и благодаря пепсину характеризуется большой протеолитической активностью при переваривании альбуминоидов. Павлов утверждал, что физиология может послужить кулинарному искусству, призванному снабжать нас продуктами вкусными и благоприятными для пищеварения. В самом деле, уже известно, что при аппетитных запахах текут слюнки, тогда как другие запахи способны приостановить переваривание пищи и даже вызвать тошноту.

Те же психические эффекты связаны с панкреатическим соком, с одной стороны, и слюной — с другой, и мы имеем все основания предполагать, что то же происходит с кишечными выделениями, которые собрать значительно труднее.

Именно то обстоятельство, что слюну можно собирать без особого труда благодаря фистуле в стеноновом протоке, заставило Павлова использовать ее при систематическом изучении условных рефлексов и их законов. Психическое выделение желудочного сока может взять верх над торможением нормального выделения с помощью введения HCl в желудок (Вильгельм, МакКарти, Хилл, 1937).

Итак, в последующих реакциях важную роль играет опыт индивида. Например, когда ребенку дают касторку вместе с апельсиновым соком, то у него возникает столь сильное отвращение к апельсинам, что впоследствии он не может переносить их запах, апельсины стали для него неудобоваримы.

Опыт показал, что крысы, поев теста, смешанного с каким-нибудь ядовитым веществом, отказывались есть этот продукт даже в том случае, когда им грозила смерть от голода.

Длительное наблюдение за человеком, носящим желудочную фистулу с 9 лет, позволило Стюарту и Вольфу (1943) многократно констатировать благоприятное или вредное влияние психологических факторов на пищеварение. Как показало развитие психосоматической медицины, сильные эмоции оказывают патогенное действие, вызывая, например, диабет или язву желудка, как это случалось с крысами, которые находились вблизи пищи, но могли достигнуть ее, только получив сильный удар электрическим током. По-видимому, пищеварительная система в целом особенно плохо защищена от воздействий психологического характера.

Участие большого мозга в пищевых реакциях было неоднократно доказано психофизиологией.

Робинсон и Мишкин (1962) на 15 макаках изучали влияние раздражения различных областей мозга, которое проявлялось в форме пищевых реакций приема или отказа (5800 пров), и получили положительные результаты не только в обонительном мозге (миндалевидное ядро), но и в лобных и височных областях коры. Гасто (1952) проводил исследование раздражения миндалевидного ядра кошки и констатировал, что после некоторой задержки животное внезапно принималось с жадностью есть. Соответственно, двухстороннее разрушение тех лобно-височных долей, которые анатомически связаны с миндалевидным ядром через пучок Папеца, как это показал Прибрам на обезьянах, приводит к безразличной гиперфагии.

Производя различные корковые разрушения, Бузик и Мытницкий (1927) отмечали последующие нарушения в проявлении голода у человека с преобладанием булимии. Алажуанин и сотр. (1957) сообщили о транзиторной анорексии в 16 случаях односторонней височной лобэктомии с депрессией и продолжительной булимией, которая возникла в 3 случаях. У одного анорексического больного с психомоторными кризисами и ольфакторной

тошнотой лобэктомия (правого височного очага) привела к исчезновению тошноты и появлению непрекращающейся булимии и последующего ожирения. Психическая анорексия, когда она не вызвана неизвестными нарушениями¹ гормональной регуляции, возникает довольно часто только у молодых девушек при кризисе в период полового созревания и связана либо с боязнью пополнеть, либо с отказом от плотской жизни (Ж. Борель, 1963), либо с конфликтами с матерью. Но существует также женская булимия, 15 случаев которой П. Абель и сотр. (1963) наблюдали за 3 года у молодых вялых девушек, любивших полакомиться. Некоторых из них полнота очень беспокоила и побуждала принимать медикаменты, называемые «антиголод», вплоть до того, что они превращались в токсикоманов. Булимия нередко возникает при гебефрении, и к ней приближается обжорство при олигофрении. Чередование гиперорексии и анорексии наблюдается у депрессивных маньяков.

Наконец, механизм отказа от приема пищи (ситиофобия) может иметь различные психологические корни.

Таким образом, уже и без того довольно сложный механизм вегетативной регуляции не в состоянии объяснить всех нарушений, которые возможны в пищевом поведении.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Abély P., Rondepierre M., Gellman Ch., A propos des maladies de l'appétit. Les hyperorexies féminines pathologiques et leur fréquente évolution vers la toxicomanie, «Ann. méd. psychol.», 1963, 121 (2), 593—600.
- Alajouanine Th., Villey R., Nehil J., Houdart R., Troubles de l'appétit et rhinencéphale, «Presse méd.», 1957, 65, 1385—1387.
- Alloiteau I., Glandes endocrines et consommation alimentaire, in: «Le comportement alimentaire et l'appétit», Paris, C. N. R. S., 1952, 29—46.
- Anand B. K., Hypothalamic control of food intake in rats, «Yale J. Biol. Med.», 1952, 24, 123—140.
- Anand B. K., Brobeck J. R., Localization of a «feeding centre» in the hypothalamus of the rat, «Proc. Soc. exp. Biol.», N. Y., 1951, 77, 323—324.
- Anand B. K., Chinn G. S., Singh B., Effect of glucose on the activity of hypothalamic «feeding centres», «Science», 1962, 138, 597—598.
- Anand B. K., Dua S., Singh B., Electrical activity of the hypothalamic «feeding centres» under the effect of changes in blood chemistry, «Electroencephalogr. clin. Neurophysiol.», 1961, 13, 54—59.
- Апликер J., Мейер J., The regulation of food intake. Some experiments relating behavioral, metabolic and morphologic aspects, Symposium on nutrition and behavior, New York, The National Vitamine Foundation, 1957, 46—51.
- Berger P., Le Magnen J., Étude de la faim et des appétits chez l'homme placé dans des conditions extrêmes et prolongées de dénutrition, «C. R. Acad. Sci.», 1947, 244, 494—496.

¹ Согласно клиническим наблюдениям Лубатера, о которых сообщил Гедон (в дискуссии в Аллуато, 1952), в диагностированных случаях психической анорексии пищевое равновесие восстанавливалось только после введения гипофизарного экстракта (сохраняющего свою эффективность в течение 6 мес.).

- Borel J., Réflexion sur l'anorexie mentale, «Ann. méd. psychol.», 1963, 121 (2), 697—708.
- Brobeck J. R., Tepperman J., Long C. N. H., Experimental hypothalamic hyperphagia in the albino rat, «Yale J. Biol. Med.», 1943, 15, 831—853.
- Busik M. S., Mitnitzky D. M., Ueber die Hungerempfindung bei pathologischen Zuständen des Gehirns, «Arch. Psychiatr. Nervenk.», 1927, 80, 643—655.
- Camus J., Boussy G., Les syndromes hypophysaires; anatomie et physiologie pathologiques, «Rev. Neurol.», 1922, 38, 622—639.
- Cannon W. B., Bodily changes in pain, hunger, fear and rage, New York, Londres, D. Appleton and Co., 1915.
- Cannon W. B., Washburn A. I., An explanation of hunger, «Amer. J. Physiol.», 1912, 29, 441—454.
- Carlson A. J., Contributions to the physiology of the stomach. II: The relation between the contractions of the empty stomach and the sensation of hunger, «Amer. J. Physiol.», 1913, 31, 175—192.
- The control of hunger in health and disease, Chicago, The Univ. Chicago Press, 1916.
- Carvalho J., Pachon V., Considérations sur l'autopsie et la mort d'un chat sans estomac, «Arch. Physiol.», 1895, 7, 766—767.
- Castaigne P., Cambier J., Schuller E., Étude de la régulation de la glycémie par enregistrement continu, «Presse méd.», 1963, 71, 2555.
- Delgado J. M. R., Anand B. K., Increase of food intake induced by electrical stimulation of the lateral hypothalamus, «Amer. J. Physiol.», 1953, 172, 162—168.
- Ducceschi V., Sugli effetti della sezione dei nervi gastrici, «Arch. Fisiol.», 1910, 8, 579—588.
- Finger F. W., The effect of food deprivation and subsequent satiation upon general activity in the rat, «J. comp. physiol. Psychol.», 1951, 44, 557—564.
- Gellhorn E., Koella W. P., Ballin H. M., The influence of hypothalamic stimulation on evoked cortical potentials, «J. Psychol.», 1955, 39, 77—88.
- Grossman M. J., Integration of current views on the regulation of hunger and appetite, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1955, 63, 76—91.
- Grossman M. I., Stein I. F., Vagotomy and the hunger producing action of insulin in man, «J. appl. Physiol.», 1948, 1, 263—269.
- Heath R. G., Electrical self-stimulation of the brain in man, «Amer. J. Psychiat.», 1963, 120, 571—577.
- Hetherington A. W., Ranson T. W., Hypothalamic lesions and adiposity in the rat, «Anat. Rec.», 1940, 78, 142—172.
- Hoebel B. G., Teitelbaum Ph., Hypothalamic control of feeding and self-stimulation, «Science», 1962, 135, 375—376.
- Illenden J., Patterson T. L., Rurright Z. W., Scott R. J., The physiology of the gastric hunger contractions in the javanese monkey, «Quart. J. exp. Physiol.», 1934, 24, 55—68.
- Ingelfinger F. J., The late effects of total and subtotal gastrectomy, «New England J. med.», 1944, 231, 321—327.
- Itallie T. B., Van Baudoin R., Mayer J., Arteriovenous glucose differences, metabolic hypoglycemia and food intake, «J. clin. Nutr.», 1953, 1, 208—217.
- Kohn M., Satiation of hunger from food injected directly into the stomach versus food ingested by mouth, «J. comp. physiol. Psychol.», 1951, 44, 412—422.
- Larsson S., On the hypothalamic organisation of the nervous mechanism regulating food intake, «Acta physiol. scand.», 1954, 32, suppl. 115, 1—40.
- Maranon G., Sobre el hambre y el apetito, y su mecanismo, «Rev. Psicol.», 1946, 2, 339—365.
- Margules D. L., Olds J., Identical «feeding» and «rewarding» systems in the lateral hypothalamus of rats, «Science», 1962, 135, 374—375.
- Mayer J., The glucostatic theory of regulation of food intake and the problem of obesity, «Bull. N. E. Med. Cent.», 1952, 14, 43—49.

- Meyer J. E., Das Syndrom der Anorexia nervosa. Katamnestische Untersuchungen, «Arch. Psychiat.», 1961, 202, 31—59.
- Müller N. E., Bailey G. J., Stevenson J. A. F., Decreased «hunger» but increased food intake resulting from hypothalamic lesions, «Science», 1950, 112, 256—259.
- Morgan C. T., Morgan J. D., Studies in hunger. II: The relation of gastric denervation and dietary sugar to the effect of insulin upon food intake in the rat, «J. genet. Psychol.», 1940, 57, 153—163.
- Morgane P. J., Distinct «feeding» and «hunger motivating» systems in the lateral hypothalamus of the rat, «Science», 1961, 133, 887—888.
- Patterson T. L., Contributions to the physiology of the stomach. The physiology of the gastric hunger contractions in the amphibia and the reptilia, «Amer. J. Physiol.», 1916, 42, 56—88.
- Quigley J. P., Johnson V., Solomon E. I., Action of insulin on the motivity of the gastro-intestinal tract. I: Action on the stomach of normal fasting man, «Amer. J. Physiol.», 1929, 90, 89—98.
- Richter Q. P., Experimental diabetes insipidus, «Brain», 1930, 53, 76—85.
- Robinson B. W., Mishkin M., Alimentary responses evoked from forebrain structures in Macacca mulatta, «Science», 1962, 136, 260—261.
- Siegel P. S., Taub D. V., A «hunger hormone»? , «J. comp. physiol. Psychol.», 1952, 45, 250—253.
- Sinelnikoff E. I., Ueber Hungerbewegungen eines Dünndarmabschnitts beim Menschen, «Pflügers Arch. ges. Physiol.», 1927, 215, 427—430.
- Slezak G. C., Grossman M. I., Effect of intragastric feeding on voluntary food intake, «Amer. J. Physiol.», 1949, 159, 591.
- Soulairac A., Les régulations psychophysiologiques de la faim, «J. de physiol.», 1958, 50, 663—783.
- Stevenson J. A. F., Effects of hypothalamic lesions on water and energy metabolism in the rat, «Rec. Prog. Hormone Res.», 1949, 4, 363—394.
- Stunkard A. J., Wolff H. G., Correlation of arterio-venous differences, gastric hunger contractions and the experience of hunger in man, «Federation Proceed.», 1954, 13, 147.
- Teitelbaum Ph., Sensory control of hypothalamic hyperphagia, «J. comp. physiol. Psychol.», 1955, 48, 156—163.
- Wangensteen O. H., Carlson H. A., Hunger sensations in a patient after total gastrectomy, «Proc. Soc. exp. Biol. Med.», 1931, 28, 545—547.
- Wilhelmj C. M., McCarthy H. H., Hill F. C., Acid inhibition and the cephalic (psychic) phase of gastric secretion, «Amer. J. Physiol.», 1937, 120, 619—623.

IV. РЕГУЛЯЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ (APPETITS)

§ 1. Выбор, приписываемый «мудрости тела»

Количественная регуляция питания не обеспечивает возмещения непрерывных потерь элементов, из которых состоит живая ткань, и доставки в процессе роста достаточно больших количеств этих элементов, необходимых для построения взрослого организма. Отсюда опасность однообразной и ограниченной диеты. При питании, достаточно разнообразном и превосходящем минимальные требования энергетических расходов, особенно у взрослых, лишь в исключительных случаях возникают какие-либо нехватки. Но последние могут иметь место в ходе

роста, или в период беременности, или, наконец, при патологических нарушениях.

И здесь встает проблема диететики, которую пытаются решить путем установления специально исследованных режимов.

Но как реагируют в таком случае животные? Они, по-видимому, обладают инстинктами, которые позволяют им не только избегать ядов, ядовитых растений, но и отыскивать травы, обладающие целебным действием. Корова умеет избегать безвременник, курица в период носки находит и клюет скорлупу, собака ест траву, овцы лижут соль.

И даже человек не вполне лишен этой «мудрости тела», по выражению Кеннона: в жаркое время у него возникает отвращение к жирному, а в холодное он, напротив, жадно поглощает продукты, содержащие жиры.

Существование этой знаменитой «мудрости», о которой говорил еще Тюрро (1919), было признано всей школой педиатров Соединенных Штатов, которые предлагали позволять ребенку, даже самому маленькому, свободно выбирать среди разнообразных продуктов то, что ему нравится, и в неограниченном количестве. Именно этот метод был применен в 1931 году в Детской мемориальной больнице в Чикаго после опытов, проведенных Дэвис (1928), которая предлагала детям, только что отнятым от груди, 12 блюд: восьмимесячные дети оказались в состоянии сразу выбрать режим, который позволял им удовлетворительно развиваться.

Но только в трудах Рихтера, к которому присоединились многочисленные сотрудники, сделана, в сущности, попытка дать доказательство и экспериментальный анализ этой способности спонтанного адекватного выбора, основанного на дифференцированных потребностях, частичном голоде, обеспечивающем полное пищевое равновесие. Его отправным пунктом было изучение влияния удаления надпочечников на потребность крысы в хлористом натрии.

Итак, прежде чем обратиться к другим случаям недостаточности, остановимся на потребности в соли.

§ 2. Потребность в соли

Мы уже отмечали при обсуждении вопроса о регуляции жажды, что гормон коры надпочечников обеспечивает сохранение в организме хлористого натрия и что при его отсутствии развивается специальная полидипсия — полидипсия к слегка подсоленной воде. Осуществляя операцию удаления надпочечников еще до того, как стал известен этот гормон, Рихтер заметил, что смерть, наступающая очень быстро, могла быть задержана на значительное время, если оперируемое животное принимало

довольно большое количество соли, в которой у животных была явная потребность.

Тогда Рихтер приступил к изучению потребности в соли, возникающей при удалении надпочечников¹.

Крысы получали нормальное питание по стандартному режиму (за исключением соли), и, кроме того, перед ними ставили два градуированных сосуда, один из которых содержал чистую воду, а другой — раствор NaCl. Перед операцией, когда концентрация раствора не превышала 1%, крысы пили как чистую, так и подсоленную воду, но после удаления надпочечников те, которые пили воду, содержащую 1% соли, жили довольно долго, тогда как контрольные животные, не потреблявшие соленой воды, умирали к концу декады. Предлагая оперированным животным 3%-ный раствор NaCl, им обеспечивали еще более длительное существование.

Чем вызвана потребность в хлористом натрии? Может быть, речь идет о простом усилении чувствительности: сравнивая вкусовой порог к соли у нормальных крыс и у крыс с удаленными надпочечниками, установили, что первые отличают чистую воду от соленой только в том случае, когда последняя достигает в шесть раз более сильной концентрации (0,054%) по сравнению с той, которой достаточно оперированным животным, чтобы воспринять это различие (0,0035%).

По мнению Рихтера, механизм частичной потребности заключается в усилении вкусовой чувствительности к предпочитаемым веществам. При этом такой механизм лежит в основе всякого спонтанного адаптивного выбора. Физиологический механизм [реального снижения порога сенсорной возбудимости при возникновении потребности еще остается невыясненным. Но по сути дела, меняется порог предпочтения, а не порог чувствительности, который может быть установлен методами нейрофизиологии, как это показали Пфаффманн и Бар (1950) и несколько других авторов: порог ответа вкусового нерва в зависимости от концентрации NaCl у нормальной крысы и у крысы с удаленными надпочечниками одинаков. Гипотеза Рихтера, таким образом, полностью отвергается. Животные безразлично пьют чистую и слегка подсоленную, до 0,9%, воду, отдавая некоторое предпочтение изотонической концентрации 0,6% (Бар, 1947); если их мучит сильная жажда, они предпочитают чистую воду, но принимают еще воду с 0,6% соли; животные с удаленными надпочечниками предпочитают соленую воду с концентрацией 2%, чего не бывает у нормальных, и иногда пьют даже воду с 5% соли (Бар, 1949). Как подчеркивал Янг (1949), здесь меняется в соответствии с физиологическими условиями предпочитаемое

¹ Настоятельную потребность в соли наблюдали у ребенка с недостаточностью коры надпочечников (Уилкинс и Рихтер, 1940).

и принимаемое количество, совершенно независимое от чувствительности в собственном смысле.

Таким образом, объяснительная концепция предпочтительного выбора, построенная Рихтером применительно к случаю адаптации поведения к потребности в соли, неприемлема, несмотря на то, что здесь речь идет о вкусовом восприятии, вполне соответствующем потребности. Во всяком случае, вкусовое восприятие здесь необходимо, потому что потребность (*l'appétit*) в соли, позволяющая крысе с удаленными надпочечниками прожить более долгий срок, исчезает при перерезке чувствительного нерва.

Нахман и Пфаффманн (1963) подтвердили, что у крыс, содержащихся в условиях недостатка NaCl, возрастает предпочтение соли, но никаких изменений в ответах, отводимых от барабанной струны, не происходит.

Можно считать, что эта потребность (*l'appétit*) в соли (когда не обеспечивается гомеостаз в отношении осмотического давления крови), которая возникает вследствие неудержания в организме хлористого натрия или длительного недостатка соли в пище, представляет собой побуждение того же типа, что и жажда: нечто вроде гипоталамического инстинкта, включающего механизмы поведения, чтобы компенсировать недостаточность вегетативной нейроэндокринной регуляции.

§ 3. Потребность в белках

Рихтер, Холт и Бэрлэр (1938) предлагали молодым растущим крысам 10 банок, содержащих сахарозу, оливковое масло, рыбий жир, казеин, дрожжи и 5 минеральных солей, и констатировали, что крысы, свободно выбирая те или иные продукты, обеспечивали свой нормальный рост.

Но в 1918 году в ряде экспериментов, проведенных Осборном и Менделем, которые предлагали крысам два режима питания с содержанием 18% белка, причем один из них содержал лишь зеин, неэффективный для азотистого питания, было установлено, что крысы, которые питались по своей воле в соответствии с обоими режимами, росли нормально, показывая тем самым, что они способны взять из ассимилируемого азота все, что им нужно. Херон и Пик учили молодых крыс выбирать одну определенную кормушку из двух, причем одна содержала полный режим, а другая — лишенный казеина, однако это обучение было успешным только тогда, когда крысы были предварительно в течение 30 дней подвергнуты режиму белкового истощения.

Уидмарк (1944) предлагал одномесячным крысам два сложных продукта, один из которых содержал 3,3% казеина, а другой — 20%, но некоторые крысы предварительно, в течение

9 дней, получали пищу, почти не содержащую казеина. Эти последние выбирали, как правило, режим с большим содержанием белка.

Авитаминоз В вызывает отвращение к белкам, а назначение этого витамина (рибофлавина) увеличивает потребность (l'apprêt) в нем.

Таким образом, совокупность данных позволяет предположить, что у крыс, особенно в период роста, существует способность включать в свой пищевой режим достаточное количество белков. Но были и отрицательные результаты (Скотт, 1946). Ашкенази-Лелю рассмотрела этот вопрос в серии исследований, которые показали, что он не так прост и что зачастую результаты были противоречивыми. Фактически, когда животным предлагают для выбора различные виды пищи, могут действовать различные факторы. Существуют индивидуальные различия во вкусах животных, в их предпочтениях, которые зависят иногда от выработанных ранее привычек. Так, Харлоу (1932), применяя к отнятым от груди крысам стандартный режим, отметил, что они в отличие от контрольных животных предпочитают его мясу и сыру. Природа белков, их подача также не являются совершенно безразличными. Скотт обнаружил, что из двух равноценных белков молочный альбумин явно предпочитался яичному. Установлены теоретические режимы с чистыми химическими веществами, обеспечивающими удовлетворение потребностей (на бумаге); однако способности пищеварения, использования их совершенно не изучены, что напоминает мечту Бертелло о том, чтобы прокормить человечество синтетическими таблетками. Янг и Чаплин (1945) установили, что крысы предпочитают сахар казеину и что необходимо на 21 день лишить крыс белков, чтобы они предпочли казеин сахару; но, если их после этого 5 дней лишать сахара, у них снова обнаружится предпочтение сахара. Но поразительно то, что если таким образом еще удастся прокормить белых крыс, этих цивилизованных животных, ставших лучшими сотрудниками психологов и нейрофизиологов, то это совершенно невозможно с дикими крысами, которые скорее умрут от голода, чем съедят эти не известные им продукты, не имеющие связи с их сложной естественной пищей. Ашкенази-Лелю предлагала крысам, содержавшимся либо в условиях стандартного режима, либо такого же режима, но лишенного азота, либо, наконец, такого же режима, но с повышенным содержанием белков (80% казеина), выбирать между шариком казеина и шариком крахмала. Однако во всех этих случаях крысы предпочитали крахмал казеину. Но различные образцы казеина могут быть как отвратительны, так и притягательны для одного и того же потомства крыс. С другой стороны, единичный спонтанный выбор тоже имеет не такое уж большое значение, и лишь предоставляя животному постоянную воз-

возможность выбирать режим в течение достаточно долгого времени после белкового истощения, можно выявить действительное предпочтение определенного режима, содержащего белки.

Чистый белок без особого привкуса не может вызвать приятное вкусовое ощущение, тогда как сложные белки, такие, как мясо, чрезвычайно приятны на вкус. Что касается исследований, связанных с аминокислотами, которые входят в состав альбуминов организма (некоторые из них вводили в вены)¹, то они показали, что животные чаще всего отказывались от аминокислот в чистом виде, в особенности от горьковатого триптофана, исключая лишь слегка подслащенный гликокол. Однако, соответствующая смесь аминокислот может обеспечить выздоровление животных, страдающих от недостатка одного из белков. Интересные данные по этому вопросу содержатся в работе Фрей-зье, Уислера, Стеффи, Вулриджа и Кеннона (1947). После 3 месяцев недостатка продуктов почти полное возвращение к нормальному состоянию может обеспечить смесь из 9 аминокислот (гистидин, лейцин, лизин, изолейцин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан и валин). Но достаточно нехватки одной из указанных кислот, неважно какой, чтобы вызвать потерю веса и уменьшение количества принимаемой пищи. Предложение только одного выбора с белками, определенными в других режимах, не проводилось.

Таким образом, как для обеспечения роста, так и для излечения после длительного лишения крысы, по-видимому, принимали режим, обеспечивающий получение необходимых белков, но теперь можно утверждать, что при выборе они руководствовались не инстинктом и что в основе этого должны лежать многочисленные пробы, как мы это увидим при рассмотрении общего вопроса о механизмах удовлетворения частичных потребностей.

§ 4. Потребности в углеводах и жирах

Правильное питание требует в основном наличия углеводов, но необходимы также и жиры. Наблюдается ли в случае отсутствия одних или других проявление избирательных потребностей (*l'appétits*), необходимых для установления равновесия?

Некоторые данные позволяют ответить утвердительно на этот вопрос. Рихтер и Шмидт ((1941), предлагая животным выбирать между казеином, сахарозой и оливковым маслом, констатировали, что животные потребляют ежедневно некоторое

¹ Известно, что существует 20 составных аминокислот, 2 из которых уже удалось синтезировать (аланин — самая простая, и глицин).

количество всех этих элементов. Но после иссечения поджелудочной железы наблюдалось значительное увеличение количества принимаемых жиров и резкое падение количества потребляемого сахара, тогда как количество потребляемых белков оставалось неизменным. Следует отметить, что полное удаление поджелудочной железы, которое через несколько дней приводит к смерти, устраняет не только вмешательство пищеварительных ферментов — в том числе липазы для переваривания жиров, протрипсина, который при условии активирующего действия энтерокиназы играет важную роль в переваривании альбуминов, — но приводит к прекращению внутренней секреции инсулина, что вызывает серьезный диабет с полифагией, связанной с липидами.

С другой стороны, перевязка желчных каналов, препятствуя эмульгированию жиров с помощью желчи и делая жиры токсичными, приводит к значительному уменьшению потребления последних (Рихтер и Бирмингам, 1942). Известное влияние на количество потребляемых жиров оказывает также внешняя температура. Это количество увеличивается под действием холода и уменьшается под действием жары. Количество белков от внешней температуры не зависит.

Чтобы проследить изменения специфической потребности в углеводах, необходимо решить тонкую проблему, потому что механизм общего голода, видимо, очень зависит от гликемии крови, как мы это видели раньше.

В самом деле, существует довольно тесная связь между общим количеством потребляемой пищи и поглощением углеводов, (если предлагаются одни и те же углеводы). Действительно, сладкий вкус играет бесспорную роль и для многих углеводов очень варьирует. Было проведено много экспериментов с целью отделить вкус от питательной роли путем сравнения влияния растворов сахарина с раствором сахарозы. Так, например, Монкриев Смит и Микаэль Даффи (1957) предлагали сытым и голодным крысам 0,1 %-ный раствор сахарина и 20 %-ный раствор сахарозы с примерно одинаковым сладким вкусом, а также чистую воду. При этом, если сытые животные потребляли приблизительно столько же раствора сахарина (который не дает питательного эффекта), сколько раствора сахарозы, побуждаемые его приятным вкусом, то голодные животные за 24 часа вообще выпивали больше, а пропорционально — больше питательного раствора сахарозы. В более длинные периоды сахароза все более одерживает верх над сахаринном.

Но не следует предлагать очень концентрированные растворы сахара, так как это может оказать некоторое неприятное осмотическое влияние на желудок (Мак-Клири, 1951). Предлагая больным гипогликемией растворы сахарозы с концентрацией от 5 до 30 %, Майер-Гросс и Уолкер (1946) установили, что предпочи-

таемая концентрация раствора зависит от количества сахара в крови больного. Те, у кого содержание сахара в крови было очень низким, предпочитали наиболее концентрированные растворы, тогда как лица с гликемией, превосходящей 50 мг%, решительно отказывались от растворов с такой концентрацией.

Сулерак (1947) исследовал вопрос углеводного аппетита, предлагая крысам наряду со стандартным рационом (лишенным, однако, углеводов) 10%-ный раствор глюкозы и сравнивая количества потребления сложного рациона, соответствующего общему голоду, и раствора глюкозы.

Во многих случаях он обнаружил параллелизм, который не указывал на изменения углеводной потребности, как таковой. Так, некоторое центральное, гипоталамическое разрушение приводит к увеличению потребления, а раздражение той же области — к уменьшению (такой же эффект наблюдается и при полной гипофизэктомии). С другой стороны, назначение экстракта передней доли гипофиза вызывает сокращение только углеводного питания (на 200% через 18 дней), уменьшая, таким образом, потребность в углеводах. По мнению Сулерака, в регуляции потребности в углеводах немаловажное значение имеет также гипоталамо-гипофизарный механизм, лежащий в основе голода. Однако множество противоречивых данных очень затрудняет интерпретацию этой проблемы.

Во всяком случае, потребность в углеводах не зависит от гликемии, как это имеет место в случае голода. Так, под влиянием гормонов, приводящих к увеличению количества сахара в крови (тироксин, дезоксикортикостерон), потребление углеводов возрастает, совсем как при гипогликемии, особенно под влиянием инсулина. Заметное торможение потребности в углеводах наблюдается при действии флоридзина.

При мочекишлом диабете, возникающем при разрушении клеток В островков Лангерганса поджелудочной железы, когда гипергликемия сопровождается гликозурией вместе с полидипсией и полифагией и значительным похуданием, установлено, что после временного уменьшения потребления глюкозы происходит значительное его увеличение. Инсулин в таком случае должен сократить потребление углеводов и снизить гипергликемию.

Эти данные наводят на мысль о некоторой независимости углеводной потребности. Последняя, согласно гипотезе Рихтера, зависит от вкусовой чувствительности, потому что снижение порогов (предпочтение по сравнению с чистой водой) определяется нейро-эндокринным механизмом.

Но инсулин, увеличивающий потребление сахарной воды, повышает порог предпочтения, вместо того чтобы снижать его, как это делают тироксин или дезоксикортикостерон. Поэтому Сулерак предположил, что механизм информации заключается

в изменении количества всасываемой пищи: всякий раз при увеличении аппетита количество глюкозы, всасываемой кишечником, возрастает (действие инсулина, тироксина, дезоксикортикостерона и т. д.), и всякий раз, когда наблюдается сокращение поглощаемой пищи, количество всасываемой в кишечнике глюкозы также уменьшается (удаление надпочечников, щитовидной железы, гипофиза). Этот параллелизм может объясняться либо существованием общей причины, либо даже причинной зависимостью. Если вспомнить павловские опыты, показавшие, что хорошему пищеварению благоприятствует то, что желанно, то можно считать, что достаточно пониженного аппетита, чтобы сделать пищеварение менее легким и полным, а отсюда и уменьшение поглощаемой пищи. Тогда можно допустить механизм образования условных рефлексов, научения, который обычно объясняет пагубные последствия лишения и, следовательно, вызывает компенсаторные реакции.

Уже отмечалось в связи с авитаминозами, что потребность в сахаре очень уменьшается при недостатке витамина В₁ (тиамин), необходимого для сахарного обмена, и восстанавливается при дополнительном введении этого тиамин в питание (Рихтер и Хоукс, 1941). Помимо точных ощущений, не следует забывать и об общей сенестезии (колеблющейся от удовлетворительной эйфории до недомоганий и страданий), которая играет важную роль в определении адаптивного поведения. Еще Кеннон (1928) говорил: «Аппетит зависит от прошлого опыта, который должен быть приятным, чтобы возникло желание повторить его».

§ 5. Недостаточность различных веществ и роль условных рефлексов

В состав организма входят многочисленные элементы, большинство из них в ничтожных количествах. Их действительная роль в течение долгого времени оставалась неизвестной, но теперь начинает постепенно проясняться. Недостаток этих элементов наблюдается очень редко, однако можно установить экспериментальным путем необходимость многих из этих элементов для поддержания жизни. Обычно они встречаются в продуктах. Однако молоко, хотя оно и составляет весьма полноценный пищевой продукт, не дает ни железа, необходимого для гемоглобина человеческой крови (приблизительно 4—4,5 мг у взрослого), ни меди, очень распространенной в ферментах (оксидаза), недостаток которой хорошо знаком скотоводам, так как некоторые животные, особенно бараны, не способны самостоятельно восполнить этот недостаток. В некоторых областях недостаток йода, необходимого для гормона щитовидной железы, вызывает частые случаи базедовой болезни. Недостаток кобальта вызы-

вает анемию и связан с недостатком витамина В₁₂, в состав которого входит кобальт.

Совсем недавно начали выявлять витамины; эта работа еще не окончена, как не закончено определение диагнозов нарушений, вызванных их недостатком. Хорошо известны нарушения, возникающие при недостатке витамина А, входящего в состав зрительного пигмента, витамина С (аскорбиновая кислота), при отсутствии которого возникает цинга, витамина В₁ (тиамин), необходимого для сахарного обмена и т. д. Именно эти недостатки явились объектом исследований, связанных с возможностью животных спонтанно излечиваться от авитаминозов. Было отмечено, что морские свинки, которым была предоставлена возможность сделать выбор между различными режимами, один из которых содержал в достаточном количестве витамин С, отдавали предпочтение этому последнему (Жирар, 1938).

Голуби, располагавшие только очищенным рисом, переставали клевать его через 4—5 дней, но набрасывались на его кожуру, содержащую витамины (Мальспин, 1936).

В 1919 г. Лафайетт Б. Мендель отметил у человека недостаток аппетита при режимах, очень бедных витаминами, и восстановление нормального аппетита после добавления известных витаминов.

Рихтер, Холт, Бэрлэр и Хоукс (1938) наблюдали, что крысы, содержащиеся на различных диетах, лишенных витамина В, потребляют меньше углеводов и больше масла. Но если им предлагают дрожжи, они едят их в обильном количестве.

С другой стороны, Рихтер и Бэрлэр (1939) обнаружили, что при режиме, богатом витамином В₁, (тиамином), крысы едят только сахар. Животных, лишенных витамина А, привлекает рыбий жир. По-видимому, они получают информацию о недостатках и при случае их восполняют, но это наблюдается только при длительном режиме с недостаточностью. Особенно резко проявляется недостаток кальция и фосфора (входящих в состав костей).

В некоторых районах, где живут дикие племена, беременные женщины едят землю, богатую солями кальция и фосфора. По данным Уидмарка (1944), в период роста крысы, лишенные кальция, ищут его в предлагаемых пищевых режимах. Куры-несушки также с жадностью ищут кальций.

Удаление околощитовидной железы приводит к значительному сохранению кальция в крови, в результате чего возникает нарушение равновесия, выражающееся в гиперфосфатемии. В таком случае сильно возрастает потребление молочнокислого кальция (от 4,8 до 27,6 см³ за 40 дней) и сокращается потребление фосфата (Рихтер и Эккерт, 1937; Рихтер и Хелффрик, 1943). Равновесие вводимых пропорций восстанавливается с помощью экстракта околощитовидной железы или имплантации этих

желез. Шеллинг (1932) уже отмечал отказ от режимов, богатых фосфором и бедных кальцием (которые приводят к тетании), и приписывал такое поведение химическому инстинкту или даже химиотропизму. Однако можно предположить, что тетанизирующий эффект становится в дальнейшем эффективным критерием для защитного поведения. По утверждению П. Ашкенази-Лелю (1946, стр. 463), здесь идет речь о приобретенном опыте: «Регуляция, которая проявлялась в средних показателях более или менее длинные периоды, вероятно, осуществлялась посредством приобретенного опыта благодаря ощущению хорошего самочувствия, которое постепенно связывалось с поглощением данного вещества, а не с помощью каких-то примитивных, туманных врожденных тенденций».

Ле Маньян (1955) установил общее влияние, которое оказывают на прием пищи последующие события. Сравнивались два одинаковых режима, имеющие разный запах (чтобы дать крысам критерий опознания), за одним из которых следовало подкожное введение инсулина, почти тотчас же восстанавливающего голод (подавлением гипергликемии насыщения): несмотря на то что режимы были одинаковы, животные предпочитали режим без последующего введения инсулина, и его поглощение было в два раза чаще.

Искусственная разница в запахах позволяет также крысам отказаться от режима, к которому в течение нескольких дней добавлялся амфетамин (уменьшающий hunger drive)¹, в пользу идентичного режима, лишённого амфетамина (1960). Запах становится условным раздражителем и вызывает тем самым соответственно положительное или отрицательное поведение в зависимости от характера аффективных впечатлений, с которыми он оказался в связи. Этим доказывается возможность различения, основанного на опыте. Ле Маньян решил обобщить процесс, определяемый различными экспериментаторами (на работы которых он ссылается) как частичный голод, частичный аппетит.

В то время как Уайлдер и Янг констатировали, что при непосредственном выборе у крыс не возникало никакого узнавания наличия витамина (рахитогенный режим и витаминный режим Уайлдера, льняное масло в чистом виде и с добавлением витамина D у Янга в случае его недостатка), Харрис и сотрудники (1933), содержавшие крыс в условиях большой недостаточности тиамина, когда животным в течение длительного периода предлагали две диеты, в одну из которых был включен витамин, показали, что через несколько дней животное принимало только витаминный режим.

¹ Стоу и Миллер (1957) обнаружили, что крысы с гипоталамической гиперфагией под влиянием амфетамина 6 дней не принимали пищу.

Скотт и его сотрудники (с 1946—1949) отметили, что не наблюдалось никакого спонтанного стремления к тиамину, рибофлаvinу, пиридоксину и пантотенату, но обучение на основе некоторого неуточненного вкусового или обонятельного (точно не выяснено) критерия возможно.

Таким образом, по мнению Скотта, существует learned appetite¹, проявляющийся одинаково по отношению к некоторым пищевым продуктам одной категории, к тому или иному маслу, к тому или иному сахару, к тому или иному белку. Итак, мы подошли к вопросу о различии в индивидуальных вкусах.

§ 6. Вариабельность в выборе пищевых продуктов и приятный вкус пищи

Индивидуальные особенности вкусов и предпочтений, врожденные или приобретенные, составляют важный факт, проявившийся в экспериментах на животных, и хорошо известный факт человеческого питания, даже если не говорить о многочисленных случаях аллергической несовместимости.

Для более точной оценки предпочтения, отдаваемого животным тому или иному пищевому продукту, используется метод количественной оценки, когда вводят препятствия различной величины. Оригинальный метод был применен фон Холстом (1948), исследовавшим плоскую рыбу (*Pterophyllum*), которая обладает способностью держаться в наклонном положении (40°) по отношению к направлению освещения; при виде добычи она выпрямляется, что свидетельствует о ее внимании, причем чем больше ее интерес, тем больше она выпрямляется. Выпрямление рыбы при виде червя зависит от его величины и сопровождается его фиксацией обоими глазами. Так как интерес к другим видам добычи этой рыбы выражается таким же образом, то можно установить некоторую классификацию ее жертв, где циклопы оказываются значительно ниже, а дафнии — выше среднего уровня.

Янг (1949) утверждал, что выбор пищевых продуктов, часто соответствуя пищевой потребности, отнюдь не находится в тесной связи с питательной ценностью, так как здесь вмешиваются привычки, способы предъявления, различные обстоятельства и в особенности вкусовые качества пищи, представляющие собой «гедонический» процесс.

Согласно Янгу и Кристенсену (1962), потребность в сахаре у крыс обычно растет по линейному закону при увеличении концентрации раствора, но часто отмечается верхний предел роста

¹ Приобретенный аппетит (англ.).

потребности. Для соли этот предел очень низок, причем оптимальная величина соответствует 1,5% или даже меньше в 2 растворах.

Те же авторы изучали вкусовые качества смешанных растворов соли и сахара и обнаружили, что гедонические величины связываются между собой алгебраическим законом композиции в зависимости от концентрации каждого из растворенных вкусовых веществ.

Кристенсен (1962) установил «изогедонические» кривые с парным сопоставлением растворов, определяя комбинированные концентрации, в одинаковой степени привлекательные для крыс. Таким образом, он объективировал классический метод Тёрстона в субъективной психологии.

Биб-Сентер (1949), пользуясь методом прямых субъективных оценок у человека, построил шкалу в «густах»: «приемлемые» пищевые продукты не должны превосходить 50 густов и располагаются обычно на уровне 10 густов. Как оказалось, одна известная марка пива имеет горький вкус 28 густов, а черный кофе — 23 густа.

Очень важная роль, которую играет в питании приятный вкус пищи, побудила исследователей провести ряд работ по диететике. Так, Доув (1943, 1946) ввел новое понятие «потребительная ценность» исходя из оценки того, что действительно дает продукт, а не только теоретической оценки его питательной ценности, которая является лишь потенциальной; затем эта величина умножается на коэффициент, учитывающий то, что субъект ест или хотел бы есть.

Используя продукты, содержащие ватимины А и С, он получил интересные результаты; вот результат, полученный для витамина С: его оптимальное содержание (в % аскорбиновой кислоты, принимаемой человеком ежедневно) в капусте равно 143, в репе — 43, в картофеле — 40, в томатах — 39. Но согласно классификации, построенной теперь уже не теоретически, а экспериментально, где пищевой продукт относится к тому или иному уровню в зависимости от потребности в нем, Доув приписывает картофелю 37, томатам — 23, репе — только 8. Иерархическая классификация разрушена!

Когда на человека ложится ответственность за обеспечение питания коллектива, знание средних вкусовых качеств продуктов с учетом запросов этого коллектива приобретает важную роль. В американской армии начали интересоваться этой практической проблемой, несомненно, входящей в круг проблем экспериментальной психологии.

Что касается питания в период роста, то диетическая психология приобретает здесь еще большую роль.

- Aschkenasy-Lelu P., Le choix des aliments protéiques en fonction du besoin azoté chez le rat, «J. Psychol.», 1946, 39, 445—466.
- La valeur du choix spontané des aliments, «Ann. Nutrit. Alim.», 1947, 1, 277—283.
- Protéines et appétit, «Arch. Sci. physiol.», 1951, 5, 3—17.
- L'ingestion alimentaire en fonction de la composition du régime, in: «Le comportement alimentaire et l'appétit, Paris», C. N. R. S., 1952, p. 71—101.
- Bare J. K., The sodium chloride preference of the white rat in a freechoice situation, «Amer. Psychologist», 1947, 2, 230—231.
- The specific hunger for sodium chloride in normal and adrenalectomized white rats, «J. comp. physiol. Psychol.», 1949, 42, 242—253.
- Beebe Center J. G., Standards for use of the gust scale, «J. Psychol.», 1949, 28, 411—419.
- Cannon W. B., Hunger and thirst, Clark Univ. Press, 1929.
- Christensen K. R., Isohedonic contours in the sucrose sodium chloride area of gustatory stimulation, «J. comp. physiol.», 1962, 55, 337—341.
- Davis C. M., Self selection of diet by newly weaned infants, «Amer. J. Dis. Child.», 1928, 36, 654—679.
- Davis C. M., A practical application of some lessons of the self selection diet study to the feeding of children in hospitals, «Amer. J. Dis. Child.», 1933, 46, 743—750.
- Dove W. F., The relative nature of human preference with an example in the palatability of different varieties of sweet corn, «J. comp. Psychol.», 1943, 35, 219—226.
- Frazier L. E., Wissler R. W., Steffee C. H., Woolridge R. L., Cannon P. R., Studies in amino acid utilization, «J. Nutrit.», 1947, 33, 63—84.
- Crossman M. I., Integration of current views on the regulation of hunger and appetite, «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1955, 63, 76—91.
- Harlow H. F., Food preferences of the albino rat, «J. gen. Psychol.», 1932, 41, 430—438.
- Harris L. J., Clay J., Hargreaves F. J., Ward A., Appetite and choice of diet, «Proc. Roy. Soc. Lond.», Ser. B, 1933, 133, 161—190.
- Holst E. von, Quantitative Untersuchungen über Umstimmungsvorgänge im Zentralnervensystem, «I. Z. vergl. Physiol.», 1948, 31, 134—148.
- Lafayette-Mendel, Les facteurs alimentaires en gastro-entérologie, «Bull. Soc. Hyg. Alim.», 1919, 7, 541.
- Le Magnen J., Quelques aspects des liens entre sensibilité chimique et appétit, in: «Le comportement alimentaire et l'appétit, Paris, C. N. R. S., 1952, p. 11—27.
- Étude d'un facteur post-ingestif de l'établissement des appétits chez le rat blanc, «Arch. Sci. physiol.», 1957, 11, 237—254.
- Nouvelles données sur le mécanisme d'établissement des appétits, «C. r. Soc. Biol.», 1960, 154, 1355—1358.
- La facilitation différentielle des réflexes d'ingestion par l'odeur alimentaire, «C. r. Soc. Biol.», 1963, 157, 1165—1170.
- Malespine E., Vitamines et appétit. Réactions psychiques chez les pigeons soumis à l'avitaminose B, «Bull. Méd.», 1936, 50, 306—311.
- Mayer-Gross W., Walker J. W., Taste and selection of food in hypoglycaemia, «Brit. J. exp. Pathol.», 1946, 27, 297—305.
- McCleary R. A., Some physiological factors underlying the specific hunger for sugar, «Amer. Psychologist», 1954, 6, 288—289.
- Mitchell H. S., Mendel L. R., The choice between adequate and inadequate diet, as made by rats and mice, «Amer. J. Physiol.», 1921, 58, 211—225.
- Nachman M., Pfaffmann C., Gustatory nerve discharge in normal and sodium-Deficient rats, «J. comp. physiol. Psychol.», 1963, 56, 1007—1011,

- Osborne T. B., Mendel L. R., The choice between adequate and inadequate diets as made by rats, *J. Biol. Chem.*, 1918, 35, 19—27.
- Pfaffmann C., Bare J. K., Gustatory nerve discharges in normal adrenalectomized rats, *J. comp. physiol. Psychol.*, 1950, 43, 320—324.
- Richter C. P., Increased salt appetite in adrenalectomized rats, *Amer. J. Physiol.*, 1936, 115, 155—161.
- Sodium chloride and dextrose appetite of untreated and treated adrenalectomized rats, *Endocrinology*, 1941, 29, 115—125.
- Richter C. P., Barelare B., Further observations on the carbohydrate, fat and protein appetite of vitamin B deficient rats, *Amer. J. Physiol.*, 1939, 126, 607—608.
- Richter C. P., Birmingham J. R., Decreased fat appetite produced in rats by ligation of the common bile duct, *Amer. J. Physiol.*, 1942, 138, 71—77.
- Richter C. P., Hawkes C. D., The dependence on the carbohydrate, fat and protein appetite of rats on the various components of the vitamin B complex, *Amer. J. Physiol.*, 1941, 131, 639—649.
- Richter C. P., Helefrick S., Decreased phosphorus appetite of parathyroidectomized rats, *Endocrinology*, 1943, 33, 349—352.
- Richter C. P., Holt L. E., Barelare B. jr., Nutritional requirements for normal growth and reproduction in rats studied by the self-selection method, *Amer. J. Physiol.*, 1938, 122, 734—744.
- Richter C. P., Holt L. E., Barelare B. jr., Hawkes C. D., Changes in fat, carbohydrate and protein appetite in vitamin B deficiency, *Amer. J. Physiol.*, 1938, 124, 596—602.
- Richter C. P., Schmidt C. H., Increased fat and decreased carbohydrate appetite of pancreatectomized rats, *Endocrinology*, 1941, 28, 179—192.
- Richter C. P., Wislocki C. B., Anatomical and behavior changes produced in the rat by complete and partial extirpation of the pituitary gland, *Amer. J. Physiol.*, 1930, 95, 481—492.
- Shelling D. H., Calcium and phosphorus studies, *J. Biol. Chem.*, 1932, 195—214; 215—228; 229—243.
- Scott E. M., Self-selection of diet. Selection of purified components, *J. Nulrit.*, 1946, 31, 397—406.
- Scott E. M., Quint E., Self-selection of diet. II: The effect of flavor, *J. Nulrit.*, 1946, 32, 113—119.
- Self-selection of diet. III: Appetites for B vitamins, *J. Nulrit.*, 1946, 32, 285—291.
- Scott E. M., Verney E. L., Self-selection of diet. V: Appetite for carbohydrate, *J. Nulrit.*, 1947, 34, 401—407.
- Self-selection of diet. VIII: Appetite for fats, *J. Nulrit.*, 1948, 36, 91—98.
- Self-selection of diet. IX: The appetite for thiamine, *J. Nulrit.*, 1949, 37, 81—91.
- Scott E. M., Smith S. J., Verney E. L., Self-selection of diet. VII: The effect of age and pregnancy on selection, *J. Nulrit.*, 1948, 35, 281—286.
- Smith M., Duffy M., Consumption of sucrose and saccharine by hungry and satiated rats, *J. comp. physiol. Psychol.*, 1957, 50, 65—69.
- Soulairac A., La physiologie d'un comportement. L'appétit glucidique et sa régulation neuro-endocrinienne chez les rongeurs, *Bull. Biol.*, 1947, 81, 273—434.
- Modifications du seuil gustatif du glucose à la suite de perturbations endocriniennes, *C.r. Soc. Biol.*, 1947, 141, 745—747.
- Le rôle du système hypothalamo-hypophysaire dans la psychophysiologie de l'appétit, *Ann. Nulrit.*, 1951, 9, 429—452.
- Stowe F. R. jr., Miller A. T. jr., The effect of amphetamine on food intake in rats with hypothalamic hyperphagia, *Experientia*, 1957, 13, 114—115.
- Turro, Les origines de la connaissance, Paris, 1914.

- Warkentin J., Warkentin L., Levy, A. C., The effect of experimental thyroid abnormalities on appetite, «Amer. J. Physiol.», 1943, 139, 139—146.
- Widmark E. M. P., The selection of food. I: General considerations and methodical notes, «Acta physiol. scand.», 1944, 7, 147—154.
- The selection of food. II: Need and desire for proteins, «Acta physiol. scand.», 1944, 7, 278—284.
- The selection of food. III: Calcium, «Acta physiol. scand.», 1944, 7, 322—328.
- Wilkins L., Richter C. P., Great craving for salt by child with cortico-adrenal insufficiency, «J. amer. med. Assoc.», 1940, 114, 866—868.
- Young P. T., Studies of food preference, appetite and dietary habit. I: Running activity and dietary habit of the rat in relation to food preference, «J. comp. physiol. Psychol.», 1944, 37, 327—370.
- Studies of food preference, appetite and dietary habit. II: Group self-selection maintenance as a method in the study of food preferences, «J. comp. physiol. Psychol.», 1944, 37, 371—391.
- Studies of food preference, appetite and dietary habit. V: Techniques for testing food preference and the significance of results obtained with different methods, «Comp. Psychol. Monogr.», 1945, 19, № 1, 58 p.
- Studies of food preference, appetite and dietary habit: VI. Habit, palatability and diet as factors regulating the selection of food by the rat, «J. comp. physiol. Psychol.», 1946, 39, 139—176.
- Food seeking drive, affective process and learning, «Psychol. Rev.», 1949, 56, 98—121.
- Young P. T., Chaplin J. P., Studies of food preference, appetite and dietary habit. VII: Palatability and appetite in relation to bodily need, «Comp. Psychol. Monogr.», 1945, 18, 45 p.
- Young P. T., Christensen R. K., Algebraic summation of hedonic processes, «J. comp. physiol. Psychol.», 1962, 55, 332—336.

V. ПОЛОВОЕ ПОБУЖДЕНИЕ

§ 1. Биологическое введение

Если одноклеточные организмы, оболочники и некоторые черви размножаются почкованием, то общее правило воспроизводства живых существ предполагает половую дифференциацию: соединение женской клетки — одной гаметы, с мужской клеткой — другой гаметой, образует яйцо, которое начинает развиваться. У некоторых видов — довольно редких — например у улиток, наблюдается гермафродитизм вследствие сосуществования у одной особи яйцеклеток и сперматозоидов. Но почти всегда мужская особь отличается от женской, и воспроизводство требует участия их обеих. Впрочем, этот акт не предполагает обязательное спаривание: у некоторых видов самки несутся в условиях, благоприятных для последующего развития, а самцы, привлеченные самкой или же под влиянием кладки опрыскивают гроздья яиц оплодотворяющей жидкостью. С другой стороны, гермафродитизм может сопровождаться сближением двух особей: наиболее известным примером является спаривание улиток. У амфибий (лягушек и жаб) самец изливает свою оплодотво-

ряющую жидкость именно в момент икрометания в судорожных, тесных объятиях, длительность которых часто достигает нескольких дней. У млекопитающих и у человека развитие зародыша осуществляется в нижней части матки после имплантации одного (а иногда двух или более) оплодотворенного яйца в стенку матки. Оплодотворение происходит в результате встречи сперматозоида и яйцеклетки, спущенной из яичников в фаллопиеву трубу. Итак, для оплодотворения необходимо проникновение спермы через влагалище. С другой стороны, это возможно только в том случае, когда в результате созревания яйцеклетки в граафовом пузырьке произойдет разрыв этого пузырька и яйцеклетка выйдет наружу. Это происходит один раз в 28 дней у женщины (приблизительно в течение трех дней с начала созревания), примерно в середине менструального цикла¹.

Таким образом, из 100 000 фолликулов созревает лишь очень небольшое число. Оплодотворение происходит тогда, когда при половом сношении, совпадающем с овуляцией, во влагалище проникает некоторое количество спермы, содержащей миллионы сперматозоидов.

С 1781 года стало возможным путем прямого введения спермы осуществлять искусственное оплодотворение без естественного полового акта: метод искусственного осеменения постоянно применяется в скотоводстве².

Яйцеклетка, в которую проникает сперматозоид, в 10 000 раз больше него, но ее вклад с точки зрения наследственной конституции не является более значительным: он представлен гаметой с совокупностью хромосом, число которых также специфично, как и число хромосом в сперматозоиде³. Фолликула, выделяющая женский гормон (эстрадиол); после оплодотворения превращается в желтое тело; оно выделяет прогестерон, препятствующий созреванию другой фолликулы.

У млекопитающих фаза овуляции вызывает изменения в организме и поведении самки, характеризующие течку: прилив крови к половым органам, секрети, истечения со специфиче-

¹ Долгое время считалось, что эта овуляция, проявляющаяся в течке самок млекопитающих, соответствует менструации. Этот вопрос дискутировался еще в 1910 году, когда А. Бюске опубликовал свою прекрасную книгу «La fonction sexuelle».

² Природа, как известно, не экономна. За одну эякуляцию быка (4 см³ при 800 000 сперматозоидов на 1 мм³), жеребца (75—150 см³ при 600 000 на 1 мм³), кабана (200 см³ при 100 000 сперматозоидов на 1 мм³) происходит оплодотворение только одного яйца. Путем искусственного осеменения можно с помощью одного барана породить 15 000 овец в год.

³ Однако существует гетерогаметность вследствие того, что яйцеклетка содержит только хромосомы типа X, а сперматозоиды — либо X, либо Y. Именно комбинация 2X или XY и определяет род зародыша; так как число X и Y приблизительно одинаково, то законы случая приводят к тому, что рождается примерно одинаковое число мальчиков и девочек.

ским запахом, отношение к самцу, благоприятствующее половому акту, поиски и, во всяком случае, прием самца (У. К. Янг, 1937). Эта фаза овуляции у женщин выражается лишь в некоторых незначительных признаках, не позволяющих с уверенностью утверждать ее наличие (даже для самой женщины), тогда как у животных, исключая приматов¹, самец отвергается во все периоды, кроме течки.

Большие межвидовые различия существуют и в предпосылках к спариванию.

Между самцами, возбужденными половым побуждением (в особенности запахом), часто идет борьба, в которой побеждает самый сильный, или просто соревнования, особенно замечательные у птиц: с пением, танцами, пантомимой, которые прибавляются к естественным украшениям, к разноцветным перьям. Все это заставляет самку сделать свой выбор в «период любви».

Пол определяется комбинацией хромосом либо XX, либо XY, от которых зависит образование яичника или семенника в период зародышевого развития.

Именно выделениями эстерона яичником зародыша определяются все вторичные признаки женского пола, а выделениями тестостерона семенником — вторичные признаки мужского пола. Иногда имеют место некоторые аномалии, порождающие псевдогермафродитизм, фактически интерсексуальность с сосуществующими мужскими и женскими признаками даже с психологической точки зрения. Но по крайней мере у человека половой гормон только один: эстерон или тестостерон².

§ 2. Нейроэндокринные механизмы

Половое поведение в основном управляется секрециями желез, свойственных каждому полу: яичников и семенников. Именно они определяют всю совокупность вторичных половых признаков.

Основной гормон яичников, эстерон, образуется в интерстициальной железе; фолликулярный прогестерон (выделяемый лютеиновыми клетками желтого тела) вступает в действие только после оплодотворения. Интерстициальная железа производит и семенниковый гормон, тестостерон. Эти два половых гормона очень сходны по химической структуре; очень небольшие изменения могут придать эстрогенному гормону вирилизирующие свойства, аналогично можно придать свойства женского гормона

¹ Менструация появляется у обезьян, и в частности у антропоидов, таких, как шимпанзе (Йеркс и Эльдер, 1936), у которых половой цикл равен не 4, а 5 неделям и овуляция также происходит в середине цикла.

² Существование бородатых женщин является результатом надпочечного вирилизма, который в случае опухолей может запоздало проявиться под действием андростерона.

тестостерону¹. На половые признаки могут влиять в том или ином направлении и другие аппараты. Например, вирилизм может зависеть от надпочечников (андростерон). Ранняя кастрация, устраняя действие основных гормонов, затормаживает нормальное образование вторичных половых признаков и препятствует появлению полового поведения и, естественно, овуляции и сперматогенезу.

Но кастрация, проведенная у взрослого, оказывает очень незначительное влияние: у крыс сохраняется способность к спариванию (Стоун).

У женщины, кроме бесплодия, она не вызывает никаких отчетливых проявлений: после двойной овариотомии, согласно Франку (1929), половое желание может сохраняться. У мужчины также не наблюдается полное и обязательное исчезновение полового побуждения и сохраняется способность к половым сношениям, с эрекцией и даже эякуляцией (простатической, не содержащей сперматозоидов жидкости, которая сохраняется и в отсутствие семенников). Впрочем, аспермию — отсутствие сперматозоидов — можно выявить только с помощью гистологического анализа. Но аспермию можно подозревать в случае явного бесплодия, в то время как выделения тестостерона не нарушены.

Важная роль половых гормонов была доказана в опытах на животных. Введение маскулинизирующего тестостерона кастрированных самок, а также феминизирующего эстерона кастрированных самцов не привели к специфическим дифференциациям, соответствующим происхождению этих гормонов.

Сами половые гормоны находятся в зависимости от регулирующей эндокринной железы — гипофиза, выделяющего гонадостимулины. Эти выделения связаны с сезонными ритмами полового поведения многих видов. Гипофизэктомия дает тот же эффект, что и кастрация (Виснер и Шерд, 1933), так как гонады не образуются без стимулирующего действия гипофиза, который в свою очередь находится под влиянием различных факторов, таких, как свет (Бенуа, 1955), или косвенно, от восприятий, связанных с высшими центрами (вид голубя, будь это даже отражение самой самки, необходим для овуляции этого вида).

¹ Путем синтеза удалось создать искусственные гормоны, функции которых подобны функциям естественных гормонов, но Р. Курье (1963) напомнил, что иногда бывают и удивительные вещи: синтетический прегненилон действует как прогестерон яичников, но оказывает также и вирилизующее действие. Такие сюрпризы наблюдаются и в действии естественных гормонов. Так, у молодой беременной женщины произошла вирилизация голоса и волосяного покрова. После нормальных родов и рождения девочки у женщины обнаружили опухоль яичника, который из прогестерона при наличии плацентарного гонадотропина производил тестостерон. Удаление опухоли привело к исчезновению признаков вирилизма.

В общем, эндокринная регуляция, как и в случае пищевых потребностей, состоит под контролем центральной нервной системы. Определенную роль играет гипоталамус: разрушение некоторых его областей вызывает у морской свинки половую недостаточность (Феникс, 1961) или даже полное исчезновение полового поведения (Мэгун и Бард, 1940; Брукхарт, Дей и Рэнсон, 1941—1942) при разрушении зоны кзади от хиазмы. А. Сулерак и М. Л. Сулерак (1956) и многие другие авторы уточнили анатомическую локализацию гипоталамических механизмов, ответственных за половое поведение. Разрушение передних областей гипоталамуса у крысы-самца приводит в течение десяти дней к исчезнованию полового влечения, хотя половые рефлексы сохраняются еще некоторое время. Напротив, при разрушении маммиллярных тел эти рефлексы исчезают через три дня; интерес к самке не исчезает полностью, но может принять агрессивную окраску; в то же время происходит дегенерация гонадической ткани. По-видимому, передние центры гипоталамуса контролируют половое влечение, тогда как задние центры управляют реализацией поведения, то есть фазой удовлетворения потребности. С помощью электрического раздражения определенных зон гипоталамуса самцов крыс с хронически вживленными электродами Ева Воган и Фишер вызывали у них эрекцию в течение всего времени раздражения и спаривание с самками в период течки, которое прекращалось при выключении электрического тока. Повторяя раздражение, которое длилось 5 минут с интервалом в 5 минут 44 раза подряд, авторы получали вначале полный процесс спаривания с эякуляцией, а затем частичный, без эякуляции, но постоянно. Это говорит о регуляции половых автоматизмов, как и в тех случаях, когда разрушения определенных областей мозга устраняли реакцию спаривания. По-видимому, эти механизмы являются одновременно холинэргическими и адренэргическими. Действительно, амфетамин увеличивает число эякуляций, а число введений увеличивается под влиянием кофеина или стрихнина; адреналин выступает как динамогенический элемент по отношению к этим двум компонентам полового акта. Однако предварительная инъекция атропина снимает последующее действие амфетамина, что указывает на приоритет холинэргических механизмов в интеграции полового поведения.

Гипоталамус, возможно, служит путем, через который осуществляется воздействие высших центров на половое поведение. Но, кроме того, как показали Ж. Бенуа и Ассенмахер (1955), он принимает участие в высвобождении гонадостимулирующих веществ гипофиза у видов с сезонной течкой. Существует сетчатно-гипоталамический путь, по которому осуществляется воздействие света (оранжевые лучи) на половые железы уток (и

различных млекопитающих), а при отсутствии глаз — прямой тканевый путь.

Майкл (1962) сообщил, что в той области гипоталамуса, где имплантации эстерогенов вызывали течку у овариотомированных самок кошки, ему удалось локализовать клетки, очень сходные с эстерогенами. Впрочем, Фишер (1956), вводя очень незначительное количество половых гормонов в мозг на уровне гипоталамуса, получил эффект гиперсексуальности. Некоторые элементы полового поведения можно вызвать отдельно, раздражая рефлекторные центры, свободные от тормозного или от возбуждающего влияния высших центров. Действительно, у спинномозговых млекопитающих, например у самца крысы, путем прямого раздражения половых областей можно вызвать эрекцию и эякуляцию или, если речь идет о самке, предварительное приседание. Но рефлекторные центры (Полиманти, 1907), которые обычно находятся под контролем более высоких уровней, либо сенсibiliзируются, либо, напротив, полностью тормозятся. Нормальное половое поведение зависит от нейроэндокринного комплекса, деятельность которого в свою очередь модулируется всем головным мозгом, а следовательно, условными рефлексами и психологическими функциями¹.

§ 3. Психофизиологический детерминизм в половом поведении

Для определения полового поведения высших животных и тем более человека недостаточно только нейроэндокринных механизмов.

В этом отношении кортикальные центры и условные рефлексы оказывают большее влияние на активное поведение самца, чем на поведение самки, которое часто составляет лишь простой прием.

Рассмотрим сначала поведение самца. Оно не подчинено функциональной периодичности семенников, где образуются сперматозоиды и гормоны самца. Усиление полового функционирования может привести к некоторому повышению активности желез, но последняя сохраняется и при полном нарушении нормального функционирования.

У многих видов животных достаточно изолировать самца, чтобы на неопределенный срок прервать половую деятельность. Но уже у обезьян совокупление может произойти и между самцами (Карпентер, 1942). У человека эякуляция, связанная со

¹ В обзоре исследований, проведенных на крысах, морских свинках и обезьянах, Янг, Гой и Феникс (1964) показали, что половое поведение нельзя объяснить только действием гормонов и что некоторые индивидуальные различия в реакциях имеют наследственное происхождение.

сновидениями, может заменить нормальное совокупление. Как показал Гольц, декортикация приводит к полному исчезновению половой активности собаки, но элементарные рефлексy, зависящие от центров продолговатого мозга, как правило, сохраняются. Бич (1940) обнаружил, что у крыс такое исчезновение требовало удаления по крайней мере 60% коры и могло быть компенсировано введением тестостерона, причем доза его должна быть выше дозы, вводимой после кастрации (7,7 мг вместо 1,6); с другой стороны (Бич, 1942), у самцов крысы, обладающих к моменту разрушения коры некоторым половым опытом, половые влечения сохраняются лучше, чем у крыс, которым удалили кору до первого контакта с самками их вида (разрушение коры было эквивалентным).

У самцов животных половое влечение возникает при посредстве сенсорной — зрительной (в частности, у птиц), и особенно обонятельной (у млекопитающих) информации о начале течки; позы самок, готовых принять самца или потребовать совокупления вместо защитной агрессивности, играют важную роль предварительных актов. Могут быть длинные периоды, когда самка вызывает у самца желание, возбуждая самца и самое себя, что в некоторых случаях оказывает влияние на оплодотворение.

Половое возбуждение выражается в первую очередь эрекцией, необходимой для введения, и через некоторое время (очень варьирующее от вида к виду) для спазматической эякуляции, вызывающей оргазм¹.

У человека побуждение может возникнуть под влиянием условного раздражителя, воспоминаний детства или отрочества, образов, ласки, источников приятных эмоций, ранних эрекций. Такие факторы лежат в основе различных извращений, например когда для эрекции необходимо наличие каких-нибудь аномальных условий вроде определенного предмета женского туалета, туфли и т. д. Это называется фетишизмом, который очень отличается от типичных извращений (садизм, мазохизм); эта область тщательно исследована Крафтом-Эбингом.

Но существуют и тормозящие условные рефлексy, эмоциональные воспоминания, связанные, например, с видением половых сношений матери или с первым личным поражением.

Неспособность к эрекции, мужская импотенция, свидетельствует о хрупкости полового аппарата. Этот тормозной эффект может возникнуть у дикого животного при пленении, у человека — при длительном тюремном заключении. В некоторых случаях у приговоренных к смерти констатировали атрофию

¹ Это сильное ощущение удовольствия исчезает при кордотомии — перерезке латерального пучка, проводящего болевые импульсы, к которой прибегают для устранения сильных патологических болей (Олаф Сжовквист).

семенников (Стив, 1952). В нормальных условиях после полного сношения с эякуляцией наступает депрессия: «Post coitum otne animal triste». Но в этом отношении наблюдаются большие индивидуальные, а также межвидовые различия, и фаза бессилия может иметь различную продолжительность. В опытах на крысах было установлено, что при встрече с новой самкой в период течки повторное спаривание может начинаться почти сразу после окончания эякуляции.

Повреждения головного мозга могут привести либо к гиперсексуальности (пириформная кора и миндалевидное ядро в обонятельном отделе мозга), либо к импотенции (разрушение маммиллярных тел); такое же противоположное действие (усиливающее половую способность или ослабляющее ее) могут вызывать различные нейротропные яды.

Самки млекопитающих в нормальных условиях жизни находятся в большой зависимости от нейроэндокринных механизмов, но депрессии, порождаемые ненормальными условиями, также могут найти свое выражение в торможении функций. У женщины такое влияние значительно меньше, но у нее можно наблюдать в период депрессий или вследствие эмоциональных шоков аменорею, выражающуюся в прекращении овуляции.

Обычно психосоциальные условия играют большую роль, что удалось установить в ходе анонимного опроса, который позволил проникнуть в запретную сферу женской сексуальности.

По-видимому, сексуальность цивилизованной женщины развита очень неравномерно. Очень часто отсутствуют четкие периоды овуляции, но возможность в любое время войти в состояние оргазма, даже вне фазы овуляции, наступающей после менопаузы, свидетельствует о достаточно большой независимости от органического ритма. Случаи «нимфомании» (патологического усиления полового влечения у женщины) встречаются очень редко.

Наконец, у обоих полов, по-видимому, поведение, связанное с воспроизводством (половым и материнским), определяется социальным опытом, приобретенным в юном возрасте, особенно под влиянием матери. У птиц очень известными в этом отношении являются феномены imprinting, и Лоренц приводит несколько примеров, связанных с перепончатопалами и воробьями: молодая птица данного вида, выращенная с момента появления на свет матерью другого вида или человеком, проявляет общительность и половое влечение только по отношению к индивидам удочерившего ее вида. Так, павлин, выросший с черепахой, распускает хвост перед ней и остается безразличным к самкам своего вида.

Более сложным является случай, когда у млекопитающих длительная трофическая активность матери по отношению к детенышу оказывает значительное влияние на половое созре-

вание. Этот факт был специально изучен Харлоу (1958, 1960), который отметил, что самки макаки, отнятые от матери с момента рождения, не обнаруживают в дальнейшем ни полового побуждения, ни врожденного поведения приема самца. Более того, они не ухаживают за своими малышами; отталкивают их или дурно с ними обращаются. Такие наблюдения свидетельствуют о важности социоаффективного контроля для полового поведения животных с развитыми кортикальными функциями. Но и у менее развитых в этом отношении позвоночных можно уже наблюдать подобные явления. Действительно, Скотт (1945) сообщил, что у баранов особи, выращенные человеком, присоединяются к стаду только в период течки; если есть недостаток в специфической общительности, то недостаточности в половом побуждении не наблюдается. Однако выращенный человеком баран не проявляет агрессивности по отношению к соперникам, а овца мало реагирует на отнятие ее малыша и переносит присутствие других ягнят так же, как и своего.

Эти наблюдения свидетельствуют о тесной связи между детским опытом, специфической общительностью и сексуальностью у высших животных и у человека.

Более того, половое поведение человека сильно зависит от влияния общественной среды, налагающей запреты и инструкции. Этнологические данные содержат сведения о правилах чрезвычайно разнообразных и, в общем, довольно сложных, в том, что касается половых отношений с точки зрения образования семьи.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Bard P., The hypothalamus and sexual behavior, «Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis.», 1941, 20, 551—579.
- Beach F. A., Effects of cortical lesions upon the copulatory behavior of the male rats, «J. comp. physiol. Psychol.», 1940, 29, 193—239.
- Central nervous mechanisms involved in the reproductive behavior of Vertebrates, «Psychol. Bull.», 1942, 39, 200—226.
- Benoir J., Assenbacher I., Le contrôle hypothalamique de l'activité pré-hypophysaire gonadotrope, «J. de Physiol.», 1955, 47, 427—567.
- Brookhart J. M., Dey F. L., Ranson S. W., The abolition of mating behavior by hypothalamic lesions in guinea pigs, «Endocrinology», 1941, 28, 561—565.
- Busquet H., La fonction sexuelle, Paris, Doin, 1910.
- Carpenter C. R., Sexual behavior of free ranging rhesus monkeys, «J. comp. Psychol.», 1942, 33, 113—142 et 143—162.
- Courrier R., Réflexions d'un endocrinologiste, «Rev. gen. Sci.», 1963, 70, 195—202.
- Dempsey E. W., Rioch D. McK., The localization of the brain stem of the oestry responses of the female guinea pigs, «J. Neurophysiol.», 1939, 2, 9—18.
- Fischer A. E., Maternal and sexual behavior induced by intracranial chemical stimulation, «Science», 1956, 124, 228—229.

- Franck R. T., The female sex hormone, Baltimore, Thomas, 1929.
- Harlow H. F., The nature of love, «Amer. Psychologist», 1958, 13, 673—685.
- Primary affectional patterns in primates, «Amer. J. Orthophychiat.», 1960, 30, 676—684.
- Michael R. P., Estrogen-sensitive neurons and sexual behavior in female cats, «Science», 1962, 136, 322—323.
- Phoenix C. H., Hypothalamic regulation of sexual behavior in male guinea pigs, «J. comp. physiol. Psychol.», 1961, 54, 72—77.
- Polimanti O., Contribution à la physiologie de l'érection et de l'éjaculation, «Arch. int. Physiol.», 1907, 5, 331—344.
- Roux J., Psychologie de l'instinct sexuel, Paris, 1889.
- Scott J. P., Social behavior, organization and leadership in a small flock of domestic sheep, «Comp. Psychol. Monogr.», 1945, 18, № 4, 29.
- Shapiro R. A., Effect of testosterone propionate on mating, «Nature», 1937, 139, 588—589.
- Soulairac A., Soulairac M. L., Effect de lésions hypothalamiques sur le comportement sexuel et le tractus génital du rat mâle, «Ann. Endocrin.», 1956, 17, 731—745.
- Action de l'amphétamine, de l'adrénaline et de l'atropine sur le comportement sexuel du rat mâle, «J. de Physiol.», 1957, 49, 381—385.
- Stone C. P., Sexe drive, in: Allen E., Danforth C. H., Doisy E. A., éd., «Sex and internal secretion», Baltimore, Williams & Wilkins, 1939, 1213—1262.
- Vaughan E., Fisher A. E., Male sexual behavior induced by intracranial electrical stimulation, «Science», 1962, 137, 758—760.
- Wiesner B. P., Sheard N. M., Sex behavior in hypophysectomized male rats, «Nature», 1933, 132, 641.
- Yerkes R. M., Elder J. H., Estrus, receptivity and mating in chimpanzee, «Comp. Psychol. Monogr.», 1936, 13, № 65, 39.
- Young W. C., The vaginal smear picture, sexual receptivity and the time of ovulation in the guinea pig, «Anal. Rec.», 1937, 67, 305—325.
- Young W. C., Gov. R. W., Phoenix C. H., Hormones and sexual behavior, «Science», 1964, 143, 212—218.

СОДЕРЖАНИЕ

От издательства	5
III. Психофизиология поведения	7
Глава VIII. Применение физиологических показателей в психологии	9
Глава IX. Уровни бодрствования и внимание	97
Глава X. Потребности	147

Фресс и Пиаже
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Редактор Э. Пчелкина

Художник Ю. Самсонов

Художественный редактор Л. Шканов

Технические редакторы Г. Левина, И. Володина

Корректор М. Орлова

Сдано в производство 5/XI 1969 г.

Подписано к печати 8/X 1970 г.

Бумага 60×90¹/₁₆. 6¹/₄ бум. л.

12,5 печ. л., 12,87 уч.-изд. л. Изд. № 9/10329.

Цена 1 р. 01 к. Зак. 392

Издательство «Прогресс»

Комитета по печати при Совете Министров СССР

Москва, Г-21, Zubовский бульвар, 21

Ордена Трудового Красного Знамени

Ленинградская типография № 2

имени Евгении Соколовой Главполиграфпрома

Комитета по печати при Совете Министров СССР

Измайловский проспект, 29

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОГРЕСС»

Редакция литературы по философии и праву

ГОТОВИТ К ИЗДАНИЮ:

АПТЕКЕР Г. О природе свободы, демократии и революции.
Перевод с английского.

Герберт Аптекер — один из видных руководителей компартии США, директор Американского института марксистских исследований, крупный ученый — историк, философ и социолог. Его имя хорошо известно советскому читателю по ряду ранее опубликованных работ на русском языке. Ценность новой работы Аптекера состоит не только в последовательном и глубоком марксистском изложении проблем свободы, демократии и революции. Автор критикует появившиеся в последнее время в международном коммунистическом движении различные ошибочные мнения о возможности существования «плюралистических» воззрений на коренные принципы марксизма, создания «национальных коммунизмов» при умалении или недооценке исторического опыта социалистического строительства в СССР. Автор дает также обстоятельную критику различных буржуазных концепций по затрагиваемым вопросам.

Книга Г. Аптекера имеет не только научно-познавательное, но и большое политико-воспитательное значение. Она рассчитана на самые широкие круги читателей.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОГРЕСС»

Редакция литературы по философии и праву

ГОТОВИТ К ИЗДАНИЮ:

ЛИНГАРТ И. Процесс и структура учения. Перевод с чешского.

Профессор. Йозеф. Лингарт — известный чехословацкий философ и психолог. Советскому читателю известна его книга «Американский прагматизм» (1954).

Предлагаемая монография является продолжением ряда работ автора, опубликованных в ЧССР («Психология ребенка», «Высшая нервная деятельность ребенка», «Психология учения», «Психологические проблемы теории учения» и др.). Читатель познакомится с основными вопросами теории учения на основе результатов исследований, проделанных в ЧССР под его руководством. Автор рассматривает методологические проблемы психологии учения, структурный и функциональный анализ процессов учения, вопросы активации и мотивации, антиципации и целевое представление и др. Книга снабжена исчерпывающей библиографией по вопросам психологии учения, предметным и именным указателем.

Книга рассчитана на философов, психологов, педагогов и всех занимающихся проблемами обучения и воспитания.

1-01